

Milenaria, *Ciencia y arte*



ÓRGANO DE DIVULGACIÓN DE LA FAICSAS, UMSNH



DIRECTORIO

DIRECTOR

ANDRÉS RAYA FARIAS

Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

DIRECTORA FUNDADORA

MA. TERESA MALDONADO GUIZA

Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

EDITOR

LUIS FERNANDO ORTEGA VARELA

Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

COMITÉ EDITORIAL

GABRIELA BARRAGÁN CAMPOS

Instituto de Investigaciones Filosóficas “Luis Villoro”
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Leticia Carrera López

Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información
Universidad Autónoma de México, México

JORGE ENRIQUE GÓMEZ ARROYAVE

Centro Tecnológico del Mobiliario
Servicio Nacional de Aprendizaje, Colombia

ERICKA GONZÁLEZ CANCINO

Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

CARMEN JUDITH GUTIÉRREZ GARCÍA

Departamento de Ingeniería Bioquímica
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, México

ERASTO HERNÁNDEZ CALDERÓN

Licenciatura en Nutrición
Universidad Latina de América, México

KELLY MYRIAM JIMÉNEZ DE ALIAGA

Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela Profesional de Enfermería
Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

FLOR MARLENE LUNA VICTORIA MORI

Facultad de Enfermería
Universidad Nacional de Trujillo, Perú

TERESA MALDONADO GUIZA

Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

MARIANA PANIAGUA ZAVALA

Coordinación de Comunicación Social,
Medical Impact Outreach, A.C.

HÉCTOR AARÓN RÍOS MENDOZA

Departamento de idiomas
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

ÁLVARO RODRÍGUEZ BARRÓN

Hospital General “Dr. Miguel Silva” de Morelia
Secretaría de Salud Michoacán, México

LUIS MIGUEL VÁZQUEZ RANGEL

Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO

JOSÉ ANTONIO HUERTA ESPINO

MILENARIA, CIENCIA Y ARTE, año 16, No. 28 enero - junio de 2026, es una revista semestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a través de la Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social de la UMSNH, Gertrudis Bocanegra 330, Col. Cuauhtémoc, C.P. 58020, Morelia, Michoacán, México. Tels. 44 33 12 24 90 y 33 44 12 76 98. <http://milenaria.umich.mx>. Editor responsable: Luis Fernando Ortega Varela. Reserva de Derechos al uso Exclusivo del título: 04-2025-110617200500-102, ISSN: 2954-4289 (online), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número. Desarrollo y Mantenimiento del sitio web, M.A.T.I. Luis Miguel Vázquez Rangel, Gertrudis Bocanegra 330, Col. Cuauhtémoc, C.P. 50020, Morelia, Michoacán, México. Tels. 44 33 12 24 90 y 44 33 13 76 98. Fecha de última modificación, agosto de 2026.

Milenaria, Ciencia y arte es una revista aprobada por el Consejo Editorial de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <https://consejoeditorial.umich.mx/publicaciones-periodicas>. Está incluida en Latindex, ROAD, LatinRev, DRJI y Google Académico. DOI: <https://doi.org/10.35830/mcya.vi22>

El contenido de los trabajos es responsabilidad de sus respectivos autores, por lo que no reflejan necesariamente el punto de vista de nuestra Casa de Estudios. Esta revista puede ser reproducida total o parcialmente con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO. Milenaria, Ciencia y Arte es una revista de acceso abierto enteramente gratuita que favorece la reutilización e intercambio global de conocimiento. En este sentido, Milenaria, Ciencia y Arte cuenta con una Licencia de Creative Commons 4.0 de Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 y se encuentra incluida en el directorio de Acceso Abierto DOAJ. La revista solo conserva los derechos de publicaciones de las obras, tanto de la versión impresa como las digitales. **DISEÑO EDITORIAL Y FORMATO,** José Antonio Huerta Espino.

DIRECTORIO DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

YARABÍ ÁVILA GONZÁLEZ

Rectora

JAVIER CERVANTES RODRÍGUEZ

Secretario General

ANTONIO RAMOS PAZ

Secretario Académico

MIGUEL ÁNGEL VILLA ÁLVAREZ

Secretario de Difusión Cultural
y Extensión Universitaria

JAIME ESPINO VALENCIA

Coordinador de la Investigación Científica

JOSÉ CÉSAR MACEDO VILLEGAS

Secretario Administrativo

JORGE ALBERTO MANZO MÉNDEZ

Secretario Auxiliar

JESÚS ALFONSO VEGA CRUZ

Abogado General



Nuestra Portada

La lavanda, un pequeño arbusto de flores moradas que en verano acaricia el aire con su fragancia, sus usos datan desde hace más de 2500 años, los egipcios utilizaban aceite de lavanda en la momificación con el fin de purificar, también hay registros de su uso en la medicina tradicional, perfumes, cosmética e incluso como condimento; se caracteriza por que posee un efecto relajante, sedante, antiséptico y cicatrizante. Hoy en día, la lavanda se cultiva en todo el mundo y goza de una popularidad continua en una variedad de propósitos terapéuticos y cosméticos.

Nombre científico *lavandula angustifolia* Miller.

Autor foto: **Miguel Ángel Hernández Ferrer**

Más información en: Denner, S. S. (2009). *Lavandula angustifolia miller: english lavender. Holistic Nursing Practice*, 23(1), 57-64.

A manera de editorial	3
La Inteligencia Artificial no es ni artificial ni inteligente, es un reflejo del poder	4
Erika Monserrat Correa Hernández, Claudia Cervantes Durán	
Higiene digital: ¿Qué microorganismos habitan tus dispositivos y cómo podemos convivir con ellos sin entrar en paranoia?	7
Jesús Damián Álvarez Herrera, Estefanía Fariás Gaytán, Aranza Zerpa González	
Cuando el cielo se desborda: ciclones y lluvias extremas en Morelia	10
Oscar Campuzano Milian, Marisol López Fuentes y Damian Campuzano Milian	
El mar no se detiene: una nueva fuente de energía para México	13
Efraín Mateos Farfán, María Carmen Espinosa Espinosa	
El aceite de aguacate: ¿fuente de la juventud?	16
Melvin David Flores Muñoz, Manuel Alejandro Vargas Vargas y Christian Cortés Rojo	
Gomitas dulces sin azúcar	19
Rafael Zamora Vega, José Octavio Rodiles López y Rosa María Trujillo Aguirre	
Orphyridium cruentum: Antioxidantes que florecen entre mareas y luz	22
Mariana Rodríguez-Campos y Juan Carlos González-Hernández	
Del suelo al follaje: la odisea de los Baculovirus	25
Cristian Ángel García y Ana Mabel Martínez Castillo	
De la escasez a la resistencia: las plantas “malnutridas” pueden defenderse mejor de algunos patógenos	28
Daniela García García, César Arturo Peña Uribe, Homero Reyes de la Cruz	
¡Por las vendas de Tutankamón! La maldición de un enemigo invisible: Hongos, esporas y ciencia antes que el mito	30
Zaira Mora Mora	
Aspergillus, un hongo con doble personalidad: ingeniero oculto y saboteador silencioso	33
Josué Altamirano Hernández, Víctor Meza Carmen, Irina Vanessa García Domínguez	
Organismos genéticamente modificados: ¿amigos o enemigos?	36
Laura Esmeralda Cepeda Vargas, Jessica Cesia Ruiz Aguilera, Karla Gabriela Domínguez González	
El valor de sobrar: cuando nada se desperdicia	38
Dulce Betzabeth Rivera-Núñez, y Selene Ramos-Ortiz	
¿Qué sería más eficaz contra el insomnio, los valepotriatos o los ácidos valerénicos? La respuesta está en tu té de valeriana	41
Grecia-Elena Hurtado-Núñez y Martha-Estrella García Pérez	
La ciencia frente a la COVID-19: cómo los laboratorios ayudaron a salvar vidas	44
Jesús Miguel Magaña-Cerino, Ramón Rosique Núñez, Samuel Suárez-Méndez	
Ni tú ni yo nacimos para el concreto, el cerebro se desarrolla mejor en espacios naturales	46
María Fernanda Veloz-Castillo, Gabriel Herrera-López	
¡Recuérdame ...!	49
Regina Espinosa Luna, Katia Lizbeth Alonso Hurtado y Mauro Manuel Martínez Pacheco	
La visión: el mensaje mejor contado	52
Regina Thalia Ávila Rueda, Zurisaddai Hernández Gallegos, Pedro Navarro Santos	
Los ecosistemas del planeta habitan en nuestra mirada	55
Jocelyn Paleo Vázquez, Alberto Flores García y Juan Carlos Jiménez Cruz	
Tu intestino habla... y tu cerebro escucha	58
Sofía Buenrostro Flores, Marlene Estefanía Campos Morales y Lorena Martínez Alcantar	
La batalla del Siglo XXI: ¡Biotecnología vs cáncer de mama!	61
Edgardo Uriel Martínez Leal, Irving Alán Martínez Leal	
Hígado: el héroe anónimo que nunca descansa	64
Lorena Martínez Alcántar, Ma. Antonia Herrera Vargas y Citlali Figueroa Guzmán	
Que no te batee el vapeador: una mirada toxicológica al aerosol inhalado	67
Donovan J. Peña Montes, Yolitz Cárdenas María y Xóchitl Trujillo Trujillo	
Entendiendo la investigación preclínica: el rol de los modelos animales en favor de la salud	70
Alejandra Guillermina Miranda Díaz y Elodia Nataly Díaz de la Cruz	
El prospecto farmacéutico en el uso de los analgésicos más comunes	72
Paulina Soto-Correa, Blanca Estela Gutiérrez-Barba y Luis Fernando Ortega-Varela	
La voz que insiste: psicosis y clínica psicoanalítica	76
Mariel Anahi Pérez Rodríguez	
La generación que ya no busca hongos en la Selva Lacandona	78
Edna Anaide Cerda-Tiandon y Juan Felipe Ruan-Soto	
El Certamen Literario para conmemorar el tercer centenario de la muerte de Miguel de Cervantes Saavedra (1916).	82
Convocado por el Liceo Michoacano de Morelia	
Alfredo Carrera López	
Dibujando los días	85
Aspirinas para el alma para el alma	86
Académico Moreliano de la UNAM recibe el Premio Princesa de Girona Internacional 2026	88

Es muy satisfactorio comenzar nuestro número 28 con una caricia de lavanda, tomar en cuenta la importancia y belleza de las cosas sencillas, como el ver a lo lejos a una abeja polinizando el colorido paisaje de un jardín. Lo es también asombrarse con temas polémicamente actuales como el que la famosa IA, no es inteligente ni artificial y que entender eso nos puede devolver el control sobre su uso responsable. Que al llevar a todos lados nuestros dispositivos electrónicos, también llevamos bacterias; Que el mar puede ser un gran generador de energía, pero tenemos que estar preparados para cuándo el cielo se desborde.

Esta vigésima octava entrega nos describe beneficios como el del aceite de aguacate, de gomitas sin azúcar o de algas de actividad antioxidante comprobada; de baculovirus que nos defienden de las plagas, de plantas que como respuesta al estrés liberan fitohormonas que terminan protegiéndolas del ataque de patógenos; de remedios naturales contra el insomnio, de hongos como el aspergillus, que pueden ser héroes o villanos; de otros miembros del reino fungi, involucrados en la maldición de Tutankamón.

Un fascículo lleno de acción protagonizado por organismos genéticamente modificados, acompañados por un hígado incansable, en paisajes que se nos presentan en un abrir y cerrar de ojos; de la frenética creación de un laboratorio diagnóstico en tiempos de la CoViD, a la lucha contra un secuestrador de recuerdos, rastreando pistas moleculares contra el cáncer; y un escape a espacios naturales y abiertos para restaurar nuestra mente. Emoción de portada a portada, con voces que insisten, lucha contra vapeadores, lágrimas y rostros; en medio de certámenes literarios en tiempos de la revolución; animales de laboratorio, prospectos incomprensidos, astrofísicos que conquistan princesas y todo esto en medio de una crisis por falta de limón. ¡No se lo puede perder!!

Esperamos que este número sea de su agrado...

La Inteligencia Artificial no es ni artificial ni inteligente, es un reflejo del poder

Artificial Intelligence is neither artificial nor intelligent; it is a reflection of power

Erika Monserrat Correa Hernández, Claudia Cervantes Durán

Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES UNAM) Unidad Morelia, Morelia, Michoacán, México

Contacto: ccervantes@enesmorelia.unam.mx

¿Qué es realmente la IA?

Cuando escuchamos hablar de inteligencia artificial, es fácil imaginar robots con conciencia. Pero en el mundo real, la IA es un conjunto de herramientas matemáticas que permiten a las computadoras realizar tareas como reconocer rostros o traducir idiomas. Lo hacen a través del **aprendizaje automático**, que no es más que la detección de repeticiones en grandes cantidades de información.

Las famosas **redes neuronales** no son cerebros biológicos, sino fórmulas que conectan datos. Si a una máquina le enseñamos mil fotos de gatos, no «entiende» qué es un animal; solo aprende que ciertos píxeles suelen ir juntos. Por eso, la IA no piensa: imita (Turing, 1950).

La IA está hecha de cosas que existen en la Tierra y en el Universo “No en la Nube”

Solemos creer que la tecnología vive en una «nube» inmaterial. La realidad es que la IA consume muchísima energía y agua para enfriar los servidores. Además, depende de la extracción de minerales en diversas partes del mundo. Cada vez que usamos un asistente de voz (Siri, Alexa, Gemini, etc), hay un costo ambiental tangible. La IA no es algo imaginario, es una red física de cables, metales y electricidad que requiere mantenimiento utilizando recursos naturales y trabajo humano (Fig. 2) (Crawford, 2021).

Los centros de datos donde «vive» la IA generan un calor hasta 105°C. Para evitar que los servidores se quemen, se utilizan sistemas de enfriamiento que consumen millones de litros de agua (Los Angeles Times, 2025).

Resumen La inteligencia artificial (IA) suele imaginarse como una tecnología capaz de pensar y tomar decisiones de forma autónoma, casi como una mente digital. Sin embargo, esta visión oculta su verdadera naturaleza material. La IA no es una entidad abstracta, es un sistema construido a partir de datos humanos, recursos naturales, infraestructura tecnológica y decisiones políticas. En este artículo desmontamos los mitos comunes sobre la IA, explicando de forma sencilla cómo el aprendizaje automático imita patrones estadísticos en lugar de razonar. Además, se analiza su impacto en la biología y la medicina, donde la predicción de enfermedades puede verse afectada por la falta de diversidad en los datos genéticos. Finalmente, se plantea que la IA funciona como un espejo que refleja nuestras propias estructuras sociales y desigualdades.

Palabras clave: inteligencia artificial, poder tecnológico, sesgos algorítmicos.

Abstract Artificial intelligence (AI) is often imagined as a technology capable of thinking and making autonomous decisions, almost like a digital mind. However, this view hides its true material nature. AI is not an abstract entity; it is a system built from human data, natural resources, technological infrastructure, and political decisions. This article deconstructs common myths about AI, explaining in simple terms how machine learning mimics statistical patterns instead of reasoning. Furthermore, it analyzes its impact on biology and medicine, where disease prediction can be affected by the lack of diversity in genetic data. Finally, it argues that AI functions as a mirror that reflects our own social structures and inequalities.

Key words: artificial intelligence, technological power, algorithmic bias.



Fig 1. Identidad híbrida. La figura humanoide muestra un cuerpo intervenido por elementos digitales, símbolos binarios y mecanismos artificiales. Más que un robot, parece un ser en transición entre lo humano y lo tecnológico. La pieza reflexiona sobre la pérdida, transformación o reconstrucción de la identidad en una era dominada por algoritmos, automatización y sistemas inteligentes. Ilustración realizada por Maritza García Guerrero.

Entrenar un modelo de lenguaje a gran escala (*Large Language Model* o *LLM*, por sus siglas en inglés), requiere miles de procesadores funcionando día y noche durante meses. El proceso de «enseñar» a la IA (entrenarla), consume tanta energía como cientos de hogares durante un año y cada vez que haces una pregunta, los servidores consumen electricidad para procesar la respuesta (Penn State Institute of Energy and the Environment, 2023).

¿La IA puede realizar la predicción de enfermedades?

Uno de los usos más esperanzadores de la IA es en la medicina. Se pretende utilizarla para predecir enfermedades o realizar diagnósticos antes de que aparezcan síntomas de la enfermedad. Sin embargo, la IA necesitaría aprender experiencia, habilidades y juicio clínico de cientos de médicos especialistas, quienes adquieren todo esto a lo largo de la vida para poder lograr un diagnóstico certero. Los algoritmos aprenden de datos históricos, y si esos datos provienen mayoritariamente de un solo grupo de personas (por ejemplo, personas de ascendencia europea), la IA puede fallar al tratar de ayudar a personas de otras etnias (Popejoy y Fullerton, 2016).

Si se crea un sistema de salud con base en una programación prejuiciosa, es seguro que asuma que solo son dignos de atención médica aquellos que posean grandes recursos económicos, dejaría sin este derecho a personas de escasos recursos y de los grupos sociales más desfavorecidos. La IA podría aprender que ciertas personas «merecen» menos atención por su situación social. Volviendo a la medicina un sistema de salud elitista y se convertiría en una herramienta de clasificación fría que en lugar de proveer los servicios que restauren la salud se convierta en un caldo de cultivo para el descontento social a gran escala (Benjamin, 2019).

¿Quién tiene el poder?

Desarrollar estas tecnologías es sumamente caro, lo que origina que solo unas pocas empresas y países en el mundo controlen cómo se diseña y para qué se usa la IA (Crawford, 2021). Esto significa que los recursos y usos de la IA no son neutrales; por el contrario, reflejan los valores de quienes la crean y ejecutan. Es necesario crear conciencia y valores

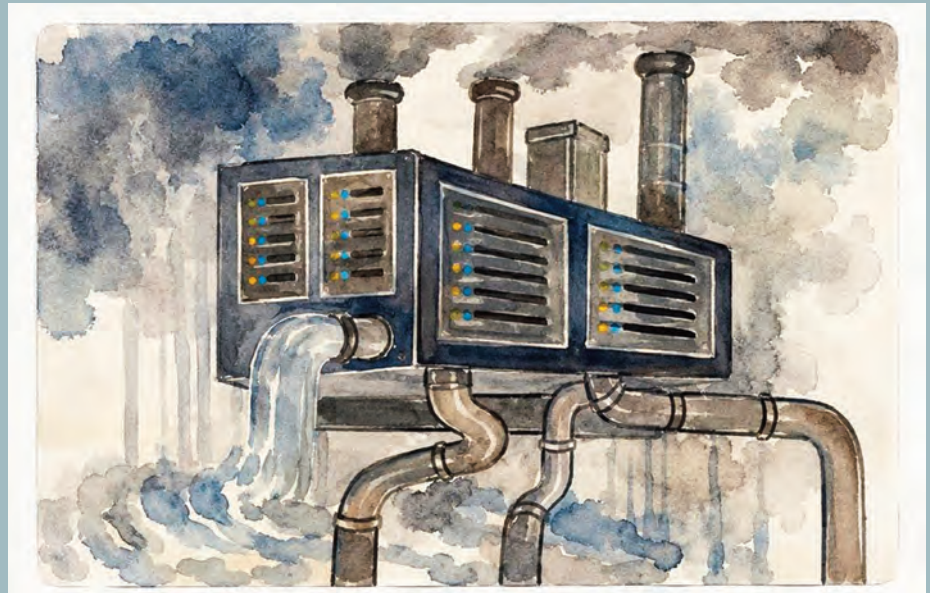


Fig 2. Infraestructura invisible. La máquina industrial rodeada de humo y tuberías representa los sistemas físicos que sostienen el mundo digital: servidores, centros de datos, energía, procesamiento y enfriamiento con agua dulce. Aunque la inteligencia artificial suele percibirse como algo abstracto o intangible, esta obra recuerda que existe una infraestructura material detrás de cada red, cada dato y cada interacción virtual. Ilustración realizada por Maritza García Guerrero.

éticos con el uso de la IA puesto que el mal uso de ella refleja a quienes ejercen el poder y el control a través de estos algoritmos e infraestructura que mueve casi toda la información hoy en día. Por lo anterior, corremos el riesgo de automatizar las desigualdades del pasado en lugar de construir un futuro más justo (Noble, 2018).

Matices de la Inteligencia Artificial

La IA no es una tecnología inherentemente negativa. De hecho, cuando se diseña con un enfoque humano y colaborativo, se convierte en un aliado para grandes avances en medicina, ciencia, economía, etc. Su capacidad para procesar información a una velocidad que el cerebro humano no podría alcanzar está permitiendo avances que antes tomaban décadas (Topol, 2019). A continuación, se dan algunos ejemplos de aplicación positiva de la IA:

En la salud y la biología: La IA ha logrado hitos como la predicción de la estructura de casi todas las proteínas conocidas por la ciencia (Jumper et al., 2021). Esto es vital para crear nuevos medicamentos y entender enfermedades poco comunes. Además, en la detección temprana de cáncer de mama o enfermedades de la retina, los algoritmos actúan como un segundo par de ojos para los médicos, aumentando la precisión del diagnóstico y salvando vidas.

Frente al cambio climático: Aunque los centros de datos consumen energía, la IA también se usa para optimizar las redes eléctricas, predecir desastres naturales con mayor exactitud y monitorear la deforestación en tiempo real mediante imágenes satelitales. Es una herramienta clave para gestionar los recursos limitados de nuestro planeta de manera más eficiente (Rolnick et al., 2022).

Accesibilidad y lenguaje: Para personas con capacidades diferentes, la IA ha abierto puertas increíbles: desde sistemas que traducen voz a texto en tiempo real, para personas con problemas de audición, hasta aplicaciones que describen a detalle el entorno circundante, para personas con debilidad visual (Wiens et al., 2019).

La clave de estos «matices buenos» no está en la máquina misma, sino en la intención de quienes la programan. La IA brilla cuando se utiliza para complementar las capacidades humanas, no para reemplazarlas, y cuando se prioriza el bienestar social sobre el beneficio económico.

Conclusión

La inteligencia artificial no es una fuerza autónoma ni una entidad mágica; es un producto profundamente humano y material. Su existencia depende de los minerales de la Tierra, del trabajo de

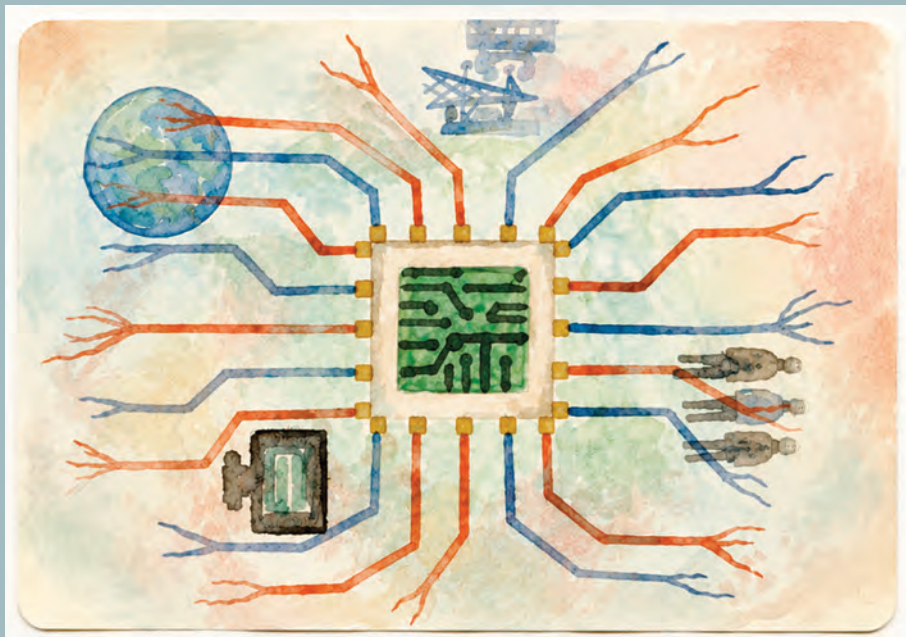


Fig 3. Núcleo artificial. La imagen del microchip expandiéndose como raíces o venas plantea la inteligencia artificial como un organismo vivo que se extiende hacia todos los aspectos de la realidad. Los cables recuerdan conexiones neuronales y circuitos biológicos al mismo tiempo, creando una relación ambigua entre máquina y naturaleza. La obra sugiere cómo la tecnología se infiltra silenciosamente en la vida cotidiana y transforma la percepción humana del mundo. Ilustración realizada por Maritza García Guerrero.

miles de personas y de una infraestructura energética masiva. Como hemos visto, no posee una inteligencia propia, sino que funciona como un **espejo** que refleja nuestras prioridades políticas, nuestras desigualdades históricas y nuestras ambiciones económicas.

Entender que la IA no es «artificial» ni «inteligente» (por su falta de juicio clínico y conciencia) nos devuelve la responsabilidad a nosotros. El futuro de esta tecnología en la medicina, el medio ambiente y la sociedad no depende de un

algoritmo, sino de la ética de quienes deciden qué datos se utilizan y con qué fines. Exigir una tecnología más transparente, ecológica y justa es, en última instancia, exigir un reflejo más humano de nosotros mismos.

Referencias

Ilustraciones (acuarelas) realizadas por Maritza García Guerrero alumna de la Licenciatura Arte y Diseño de la Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Benjamin, R. (2019). *Race After Technology: Abolitionist Tools for the New Jim Code*. Polity Press. <https://www.ruha-benjamin.com/race-after-technology>

Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*. Yale University Press. <https://yalebooks.yale.edu/book/9780300209570/atlas-of-ai/>

Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., et al. (2021). Highly Accurate Protein Structure Prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>

Los Angeles Times. (2025, octubre 8). La IA ya forma parte de la vida diaria, pero conlleva un costo climático oculto. *Los Angeles Times en Español*. <https://www.latimes.com/espanol/eeuu/articulo/2025-10-08/la-ia-ya-forma-parte-de-la-vida-diaria-pero-conlleva-un-coste-climatico-oculto>

Noble, S. U. (2018). *Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism*. NYU Press. <https://nyupress.org/9781479837243/algorithms-of-oppression/>

Penn State Institute of Energy and the Environment. (2023, November 15). Why AI Uses so much Energy—and What We Can Do About it. *Penn State IEE News Blog*. <https://iee.psu.edu/news/blog/why-ai-uses-so-much-energy-and-what-we-can-do-about-it>

Popejoy, A. B., & Fullerton, S. M. (2016). Genomics is Failing on Diversity. *Nature*, 538(7624), 161–164. <https://doi.org/10.1038/538161a>

Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., et al. (2022). Tackling Climate Change with Machine Learning. *ACM Computing Surveys*, 55(2), 1–96. <https://doi.org/10.1145/3485128>

Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books. <https://www.basicbooks.com/titles/eric-topol/deep-medicine/9781541644632/>

Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

Wiens, J., Saria, S., Sendak, M., Ghassemi, M., et al. (2019). Do No Harm: A Roadmap for Responsible Machine Learning for Health Care. *Nature Medicine*, 25(9), 1337–1340. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0548-6>



Figura 4. Red humana y conexión digital. La obra representa cómo las personas quedan atrapadas y conectadas dentro de sistemas digitales invisibles. Las líneas y nodos funcionan como mapas de datos o redes neuronales, mientras las figuras humanas aparecen parcialmente diluidas, casi absorbidas por la estructura tecnológica. La pieza habla de la comunicación contemporánea, la dependencia de las redes y la manera en que la identidad humana se mezcla con los flujos de información. Ilustración realizada por Maritza García Guerrero.

Higiene digital: ¿Qué microorganismos habitan tus dispositivos y cómo podemos convivir con ellos sin entrar en paranoia?

Digital hygiene: What microorganisms are living on your devices and how can we coexist with them without freaking out?

Jesús Damián Álvarez Herrera¹, Estefanía Farías Gaytán², Aranza Zerpa González²

Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 2. Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: aranza.zerpa@umich.mx

Resumen. En la vida cotidiana, los dispositivos electrónicos nos acompañan en prácticamente todos los entornos. Sin embargo, además de información y comunicación, estos objetos también transportan algo que no vemos: microorganismos. Estos seres son formas de vida microscópicas ampliamente distribuidas en el ambiente y estrechamente relacionadas con el ser humano. En los dispositivos electrónicos, estas comunidades microbianas provienen principalmente de la piel, el entorno y los espacios públicos, convirtiendo a estos aparatos en superficies inertes capaces de acumular y transferir microorganismos. Este artículo tiene como objetivo informar sobre los principales microorganismos identificados en dispositivos electrónicos, su origen, las condiciones que favorecen su persistencia y su posible impacto en la vida cotidiana, así como presentar estrategias sencillas y eficaces de higiene y desinfección que permitan una convivencia segura con el mundo microbiano.

Palabras clave: Microorganismos, dispositivos electrónicos, higiene, desinfección.

Abstract. In everyday life, electronic devices are with us almost everywhere we go. However, besides information and communication, these objects also carry something we can't see: microorganisms. These beings are microscopic life forms widely distributed in the environment and closely related to humans. On electronic devices, these microbial communities originate mainly from the skin, the environment, and public spaces, turning these devices into inert surfaces capable of accumulating and transferring microorganisms. This article aims to inform about the main microorganisms identified on electronic devices, their origin, the conditions that contribute to their persistence, and their possible impact on daily life, as well as to present simple and effective hygiene and disinfection strategies that allow for safe coexistence with the microbial world.

Key words: Microorganisms, electronic devices, hygiene, disinfection.

Introducción

Si tu pantalla pudiera hablar, te contaría una historia de viajes: del bolsillo a la mano, de la mano a la cara, de la cara a la mesa, de la mesa de vuelta al bolsillo. En microbiología, esa ruta es suficiente para explicar por qué un teléfono puede comportarse como una placa de Petri ambulante. Aunque no significa que sea una amenaza constante, sí es una superficie en la cual se acumulan y se transfieren microorganismos que forman parte de nuestra vida diaria. En este artículo abordaremos lo referente a los microorganismos que encontramos en las pantallas de nuestros dispositivos como celulares, tabletas, relojes digitales, entre otros.

Los microorganismos y su papel en la vida cotidiana

Para comprender la importancia que conlleva la presencia de microorganismos en nuestros dispositivos, primero debemos explicar qué son. Estos son seres vivos diminutos que nos rodean, son tan pequeños que no se pueden ver a simple vista, los tipos más comunes de microorganismos son bacterias, virus, hongos y parásitos. Son los organismos más abundantes en el planeta, viven en el agua, el suelo, el aire y hasta en nuestro cuerpo (Carmona-Gutierrez et al., 2022). El cuerpo humano alberga millones de microorganismos y se les conoce como microbiota. Estos se encuentran en diferentes partes del cuerpo, como la piel, el intestino y las mucosas, y cumplen funciones importantes para la salud, como ayudar en la digestión, proteger frente a microorganismos externos, contribuir al buen funcionamiento del sistema inmune e influir en el estado de ánimo a través de



Figura 1. El celular como reservorio de microorganismos. Imagen representativa de un celular y la presencia de microorganismos asociados al uso cotidiano. Elaborada por I.A.

la comunicación entre el intestino y el cerebro (Institute for Quality and Efficiency in Health Care [IQWiG], 2022). Existen microorganismos que nos pueden enfermar, algunos pueden descomponer los alimentos, pero también hay otros muy importantes que contribuyen a nuestra salud, actuando en la digestión de alimentos y fortaleciendo nuestro sistema inmunológico (Bustamante-Torres et al., 2022; Chaudhry et al., 2023).

Relación de los microorganismos y los dispositivos electrónicos

Los dispositivos electrónicos como teléfonos móviles, computadoras y tabletas se han vuelto indispensables en la vida diaria. Sin embargo, su uso constante en distintos entornos hace que también funcionen como superficies donde se acumulan microorganismos (Fig. 1). Diversos estudios realizados entre 2018 y 2023, incluidos los de Koscova y colaboradores (2018) y Zenbaba y colaboradores (2023), han demostrado que estos dispositivos pueden albergar una amplia diversidad microbiana. En conjunto, estos trabajos reportan la presencia de bacterias en prácticamente el 100 % de los teléfonos analizados en entornos hospitalarios, así como una mayor carga microbiana en aquellos utilizados en espacios públicos. La mayoría de los microorganismos identificados en los dispositivos electrónicos son bacterias inofensivas que forman parte de la microbiota normal de la piel, principalmente del género *Staphylococcus*, como *S. aureus*, *S. epidermidis* y *S. saprophyticus*. En menor frecuencia, también se han identificado bacterias potencialmente patógenas, como *Escherichia coli* y *Enterobacter cloacae*, que normalmente habitan en el intestino humano y pueden causar infecciones si llegan a otros sitios del cuerpo (Silva et al., 2024; Figueiredo y da Costa, 2021; Zenbaba et al., 2023).

Origen y vías de transmisión de los microorganismos en dispositivos electrónicos

Los microorganismos presentes en los dispositivos electrónicos provienen principalmente del ser humano y de su entorno cotidiano. Estos incluyen la microbiota normal de la piel, las mucosas y el intestino, así como microorganismos presentes en el aire, el

suelo, el agua y distintas superficies. Lugares como hospitales, baños públicos, transporte público y cocinas representan entornos de mayor riesgo debido a que la exposición microbiana es mayor como se ilustra en la Figura 2 (Figueiredo y da Costa, 2021; Silva et al., 2024).

Los dispositivos electrónicos actúan como fómites, es decir, objetos inertes capaces de contaminarse y facilitar la transferencia de microorganismos. La principal vía de transmisión ocurre a través del contacto de las manos con superficies contaminadas y posteriormente con los dispositivos, especialmente cuando no se realiza una higiene adecuada de manos (Zenbaba et al., 2023). Asimismo, toser o estornudar cerca de estos aparatos, o colocarlos sobre superficies contaminadas, favorece la contaminación por microorganismos.

Un hábito frecuente que aumenta este riesgo es el uso del teléfono en el baño durante la micción (orinar) o defecación, ya que expone al dispositivo a condiciones insalubres que favorecen la presencia de Enterobacterias y cuando estos microorganismos entran en contacto con objetos, superficies o alimentos, pueden contribuir al desarrollo de infecciones y enfermedades (Silva et al., 2024).

El celular y las características que lo hacen un nicho/hogar ideal

Los dispositivos electrónicos suelen contener plástico en su composición, así como pantallas que se calientan. Estas superficies lisas retienen grasas, además de que la temperatura o el calor en el bolsillo favorecen el ambiente ideal para el desarrollo de dichos organismos. Las ranuras de los cargadores o algún botón, bocinas y bordes también actúan como zonas de refugio para los microorganismos y su incubación. Aunque no forma parte directa de los aparatos, las fundas o cualquier otro accesorio debe limpiarse con el mismo rigor que el propio equipo. Otro factor que es sumamente importante es el uso continuo y las pocas limpiezas, ya que estos aparatos se encuentran en múltiples ambientes, como baño, cocina, transporte público, hospitales, gimnasio, entre otros, y la cercanía que se tiene con nuestra piel, lo que los acerca a las gotículas, saliva y más organismos. Por lo tanto, todos estos factores influyen en el tiempo de supervivencia y en el crecimiento de microorganismos. En resumen, estos dispositivos son superficies secas, con temperaturas agradables para favorecer la permanencia de los microorganismos (Silva et al., 2024; Federal Communications Commission [FCC], 2020).

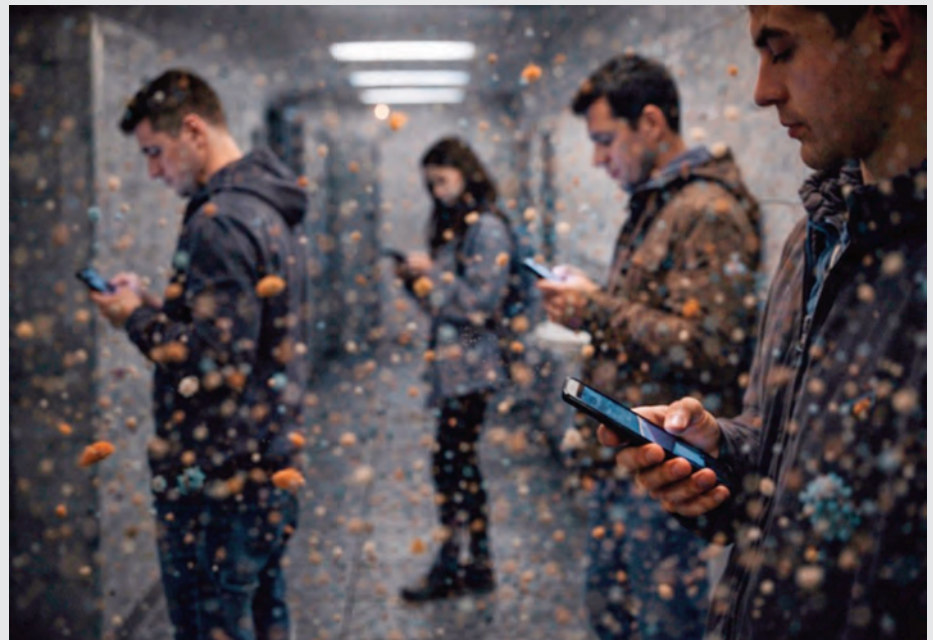


Figura 2. Ambientes públicos, uso del celular y contaminación microbiana aérea. Imagen representativa de un baño público y el uso de teléfonos en presencia de microorganismos suspendidos en el ambiente, favoreciendo la contaminación de dispositivos. Elaborada por I.A.

Impacto en la vida cotidiana

Se sabe que los dispositivos electrónicos rara vez se limpian y, cuando se hace, en muchos casos la limpieza es ineficaz. Esto favorece que dichos dispositivos actúen como fómites, convirtiéndolos en plataformas ideales para la transmisión de microorganismos asociados a infecciones y enfermedades (Silva et al., 2024).

A pesar de los múltiples beneficios que ofrecen, es importante prestar especial atención a su manipulación, ya que se utilizan con frecuencia en diversas actividades, como al comer o preparar alimentos, y están presentes durante gran parte del día en distintos entornos, lo que los convierte en potenciales fómites de bacterias y nos hace más susceptibles a la exposición microbiana (Zenbaba et al., 2023).

Cabe destacar que el riesgo no es el mismo para todas las personas. La probabilidad de que un microorganismo

cause una infección depende de varios factores: la cantidad de microorganismos a los que estamos expuestos, la vía por la que entra al cuerpo y, de manera importante, el estado del sistema inmunológico de cada individuo. En la mayoría de los casos, un sistema inmunológico sano es capaz de hacer frente a la exposición cotidiana a estos microorganismos sin que esto represente un problema (Wang et al., 2024; Alotiby, 2024).

De los diferentes tipos de dispositivos, los teléfonos móviles merecen especial atención, ya que son utilizados por la mayoría de la población y con frecuencia se les denomina la “tercera mano” del usuario. Su uso constante para comunicarse, realizar operaciones bancarias, compras en línea o actividades educativas los convierte en objetos indispensables en la vida actual.

La cantidad de microorganismos identificados en estos dispositivos

resalta la importancia de promover campañas de higiene de manos y una desinfección adecuada y regular, con el objetivo de generar una mayor conciencia sobre las medidas básicas de higiene en el uso de dispositivos electrónicos.

Limpieza y desinfección correcta de los dispositivos electrónicos

Una de las maneras más sencillas y eficaces para limpiar los dispositivos electrónicos, de acuerdo con la FCC, es el uso de alcohol al 70 % o toallas desinfectantes que contengan alcohol; es importante mencionar que para una desinfección adecuada no se debe rociar directamente los líquidos sobre el dispositivo, evitar el uso de papel higiénico o toallas de papel que puedan dejar residuos y no emplear concentraciones de alcohol distintas al 70 %. Asimismo, los dispositivos deben estar apagados y desconectados antes de la limpieza. La aplicación del alcohol al 70 % mediante un paño de microfibra ligeramente humedecido sobre la pantalla constituye un método eficaz, de bajo costo y fácil acceso que permite eliminar la mayoría de los microorganismos; se recomienda realizar este procedimiento dos o más veces por semana para mantener condiciones óptimas de higiene, en la Figura 3 se resumen estos pasos (FCC, 2020).

Conclusión

La presencia de microorganismos en los dispositivos electrónicos es una consecuencia natural de nuestra interacción cotidiana con el entorno y no representa una amenaza constante. Vivimos rodeados de microbios, muchos de ellos inofensivos o benéficos, por lo que el riesgo real se asocia principalmente a la falta de hábitos adecuados de higiene. Prácticas simples como el lavado frecuente de manos, evitar el uso del celular en el baño o la cocina y realizar una limpieza rutinaria adecuada de los dispositivos son más efectivas que el uso indiscriminado de productos desinfectantes para reducir la carga microbiana.

El actor principal en esta convivencia es el sistema inmunológico: cuando funciona adecuadamente, reconoce y neutraliza la mayoría de los



Figura 3. Cinco consejos para sanitizar tu teléfono y otros dispositivos. Imagen traducida al español (FCC, 2020).

microorganismos con los que entramos en contacto diariamente antes de que puedan causar daño. Sin embargo, su capacidad de respuesta puede variar ante el estrés crónico, la falta de sueño o una alimentación deficiente, ya que pueden debilitarlo y hacernos más vulnerables a infecciones. A esto se suma el papel de la microbiota, que actúa como una barrera natural al competir con microorganismos externos e impedir que establezcan una infección.

Por lo tanto, no solo los niños pequeños, los adultos mayores o las personas con enfermedades crónicas deben prestar especial atención: cualquier persona, en momentos que alteren el sistema inmune, puede ser más vulnerable. Así que la limpieza regular de los dispositivos y el cuidado general de la salud no deben entenderse como medidas de alarma, sino como hábitos sencillos que complementan las defensas naturales del organismo y

permiten convivir con el mundo microbiano sin caer en la paranoia.

Referencias

- Alotiby A. Immunology of stress: a review article. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13(21):6394. <https://doi.org/10.3390/jcm13216394>
- Bustamante-Torres M, Romero-Fierro D, Estrella-Núñez J, Bucio E. Application of microbes in biotechnology, industry, and medical field. *Springer Biotechnology Series*. 2022;1(1):113–152. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2225-0_4
- Carmona-Gutierrez D, Kainz K, Zimmermann A, Hofer SJ, Bauer MA, Ruckstuhl C, et al. A hundred spotlights on microbiology: how microorganisms shape our lives. *Microbial Cell*. 2022;9(4):72–79. <https://doi.org/10.15698/mic2022.04.773>
- Chaudhry TS, Senapati SG, Gadam S, Mannam HPSS, Voruganti HV, Abbasi Z, et al. The impact of microbiota on the gut-brain axis: examining the complex interplay and implications. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(16):5231. <https://doi.org/10.3390/jcm12165231>
- Federal Communications Commission (FCC). Cleaning your phone and other wireless devices. Federal Communications Commission; 2020. Disponible en: <https://www.fcc.gov/consumers/guides/how-sanitize-your-phone-and-other-devices>

Figueiredo FS, da Costa PFP. Literature review: presence of microorganisms in electronic devices. *Research, Society and Development*. 2021;10(14):e359101422204. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I14.22204>

Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG). What are microbes? *NCBI Bookshelf*. 2022. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279387/>

Koscova J, Hurnikova Z, Pistl J. Degree of bacterial contamination of mobile phone and computer keyboard surfaces and efficacy of disinfection. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(10):2238. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102238>

Silva J, Soares FPA, Gomes B. Investigation of pathogenic microorganisms in cell phones and headphones: a literature review. *Scientific Electronic Archives*. 2024;17(4). <https://doi.org/10.36560/17420241942>

Wang R, Lan C, Benlagha K, Camara NOS, Miller H, Kubo M, et al. The interaction of innate immune and adaptive immune system. *MedComm*. 2024;5(10):e714. <https://doi.org/10.1002/mco2.714>

Zenbaba D, Sahiledengle B, Beressa G, Desta F, Teferu Z, Nugusu F, et al. Bacterial contamination of healthcare workers' mobile phones in Africa: a systematic review and meta-analysis. *Tropical Medicine and Health*. 2023;51(1):55. <https://doi.org/10.1186/s41182-023-00547-3>

• Enviado: agosto 16, 2025 • Aceptado: marzo 19, 2026

Cuando el cielo se desborda: ciclones y lluvias extremas en Morelia

When the sky overflows: cyclones and extreme rains in Morelia

Oscar Campuzano Milian¹,
Marisol López Fuentes²
y Damian Campuzano Milian³

1. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 2. Escuela Preparatoria Melchor Ocampo, UMSNH. 3. Facultad de Ingeniería Mecánica, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: damian.campuzano@umich.mx



Figura 1. Afectaciones por huracán Willa y tormenta tropical Vicente en Morelia, Michoacán (López, 2018).

Resumen. En Morelia, las lluvias intensas pueden transformar la ciudad en ríos temporales, afectando calles, viviendas y actividades cotidianas. Aunque la ciudad no se encuentra en una zona costera, muchos de estos episodios están vinculados a ciclones tropicales que se forman a cientos de kilómetros de distancia y descargan su humedad sobre la región. Este artículo explica, de manera sencilla, cómo se identifican los eventos extremos de precipitación asociados a ciclones tropicales, su influencia en la ciudad y la importancia de la prevención y la preparación. Se describen métodos para analizar datos históricos de lluvia, la determinación de un umbral para eventos extremos y su relación con la trayectoria de los ciclones. La narrativa combina ciencia y ejemplos locales para mostrar que, incluso en zonas interiores, los fenómenos atmosféricos lejanos pueden tener impactos significativos en la vida cotidiana.

Palabras clave: ciclones tropicales, eventos extremos de precipitación, Morelia.

Abstract. In Morelia, heavy rains can transform the city into temporary rivers, affecting streets, homes, and daily activities. Although the city is not located in a coastal zone, many of these events are linked to tropical cyclones that form hundreds of kilometers away and transport large amounts of moisture toward inland regions. This article explains, in simple terms, how extreme precipitation events associated with tropical cyclones are identified, their influence on the city, and the importance of prevention and preparedness. It describes methods for analyzing historical rainfall data, determining thresholds for extreme events, and correlating them with cyclone trajectories. The narrative combines scientific explanations with local examples to show that even inland areas can experience significant impacts from distant atmospheric phenomena.

Keywords: tropical cyclones, extreme precipitation events, Morelia

Introducción

En Morelia, basta con una tormenta intensa para que las calles se llenen de agua, los autos se detengan y las personas busquen refugio. Estos episodios, que parecen sorprendidos, no son simples lluvias aisladas; muchos están relacionados con ciclones tropicales que se originan a cientos de kilómetros de distancia. Aunque Morelia no se encuentra en una zona costera, la humedad transportada por estos sistemas puede provocar precipitaciones extremas en la ciudad y sus alrededores.

El objetivo de este artículo es explicar, de manera clara y accesible, cómo se identifican los eventos extremos de precipitación asociados a ciclones tropicales, cómo se analizan los datos históricos y por qué estas lluvias representan un riesgo importante para la población y la planeación urbana. La intención es mostrar que, incluso lejos del mar, los efectos de los ciclones tropicales pueden sentirse de forma directa en la vida cotidiana.

Visitas no deseadas: la amenaza de los ciclones tropicales

Los ciclones tropicales (CT) son sistemas atmosféricos giratorios que se forman sobre aguas cálidas del océano y se caracterizan por transportar grandes cantidades de humedad (NOAA, 2018). Aunque suelen asociarse con regiones costeras, su influencia no se limita a ellas. A medida que estos sistemas se

desplazan, pueden transportar vapor de agua hacia el interior del continente.

En el caso de Morelia, la combinación de esta humedad con el relieve montañoso que rodea la ciudad favorece el ascenso del aire y la condensación, un proceso conocido como efecto orográfico. Este mecanismo explica por qué, aun sin vientos intensos como los que se presentan en la costa, los ciclones pueden provocar lluvias que superan ampliamente los promedios normales, generando inundaciones y afectaciones a la infraestructura urbana y a las

actividades cotidianas (véase Figura 1) (Khouakhi et al., 2017).

Cuando el cielo se desborda: eventos extremos de precipitación

Un Evento Extremo de Precipitación (EEP) ocurre cuando la cantidad de lluvia registrada en un periodo corto supera los valores habituales de una región. Para identificarlos, se analizan registros históricos de precipitación obtenidos de estaciones climatológicas (véase Figura 2), con el fin de detectar días en los que la lluvia rebasa un umbral previamente definido.

En este estudio, los EEP se determinaron a partir de los picos que superan el percentil 99 de la precipitación diaria de los días húmedos. Se consideró que un día es húmedo cuando la precipitación registrada es mayor o igual a 1 mm, siguiendo criterios utilizados en estudios recientes sobre precipitación extrema en México (León-Cruz et al., 2022). En la Figura 3 se muestran los EEP que sobrepasan dicho umbral en la estación climatológica 16016 (Carrillo Puerto).

El mapa invisible del agua que cae

Imagina poder seguir cada gota de lluvia desde que se evapora del océano hasta que golpea las calles de Morelia;

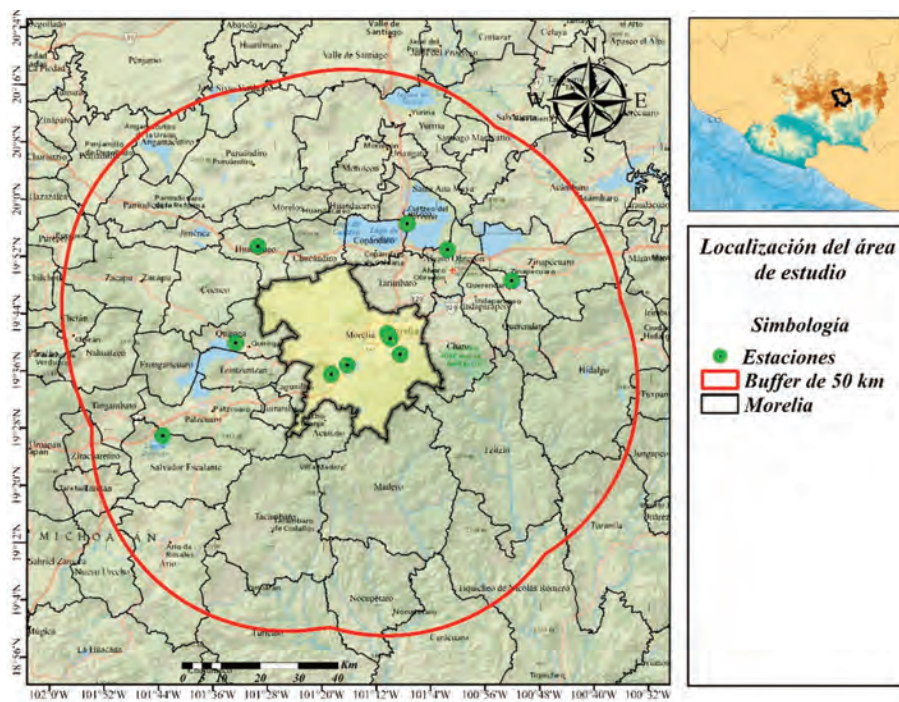


Figura 2. Localización del área de estudio y estaciones climatológicas aceptadas (datos del SMN, procesados y representados por los autores).

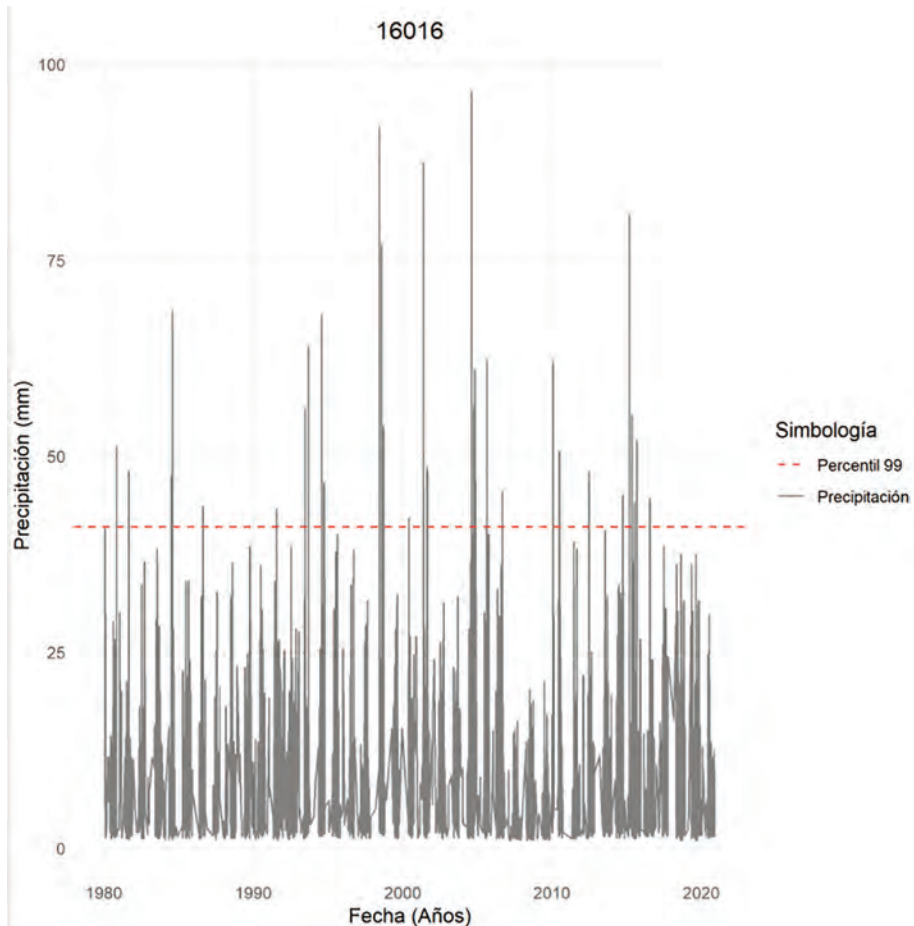


Figura 3. Eventos extremos de precipitación registrados en la estación 16016 – Carrillo Puerto (datos del SMN, procesados y representados por los autores).

lluvias. La humedad que transportan estos sistemas, al interactuar con el relieve montañoso de la región, puede generar precipitaciones intensas en periodos cortos de tiempo. Esta combinación explica por qué algunas tormentas resultan especialmente intensas y repentinas, ocasionando inundaciones en colonias y vialidades principales.

Comprender esta relación es fundamental para la gestión del riesgo. El análisis de datos climatológicos permite a las autoridades anticipar escenarios de lluvia extrema, emitir alertas tempranas, realizar acciones preventivas como la limpieza de drenajes y planear respuestas de emergencia. Para la población, esta información facilita la toma de decisiones, como evitar zonas inundables o proteger viviendas y vehículos.

En la Figura 5 se observa que la mayoría de las estaciones climatológicas con mayor número de EEP se ubican en el municipio de Morelia, y que muchos de estos eventos están asociados con la presencia de ciclones tropicales.

Conclusión: entender el agua que llega desde lejos

Aunque Morelia no se encuentra en una región costera, los ciclones tropicales

esa es la idea detrás del estudio de los EEP asociados a CT. Aunque este recorrido no es visible, puede reconstruirse mediante el uso de datos de estaciones meteorológicas, información satelital y modelos climáticos.

Para este análisis se revisaron registros de precipitación de aproximadamente 20 años, identificando los días que superaron los umbrales de lluvia extrema. Posteriormente, estos eventos se compararon con la trayectoria de los ciclones tropicales que pasaron cerca de la región (véase Figura 4). Este procedimiento permitió distinguir cuáles lluvias extremas estuvieron asociadas a ciclones tropicales y cuáles correspondieron a eventos de lluvia ordinaria, tal como se ha documentado en estudios similares para otras regiones del país (Villarini et al., 2014).

Ciclones tropicales y Morelia: una relación inesperada

Aunque Morelia no se localiza en la costa, los ciclones tropicales influyen de manera significativa en su régimen de

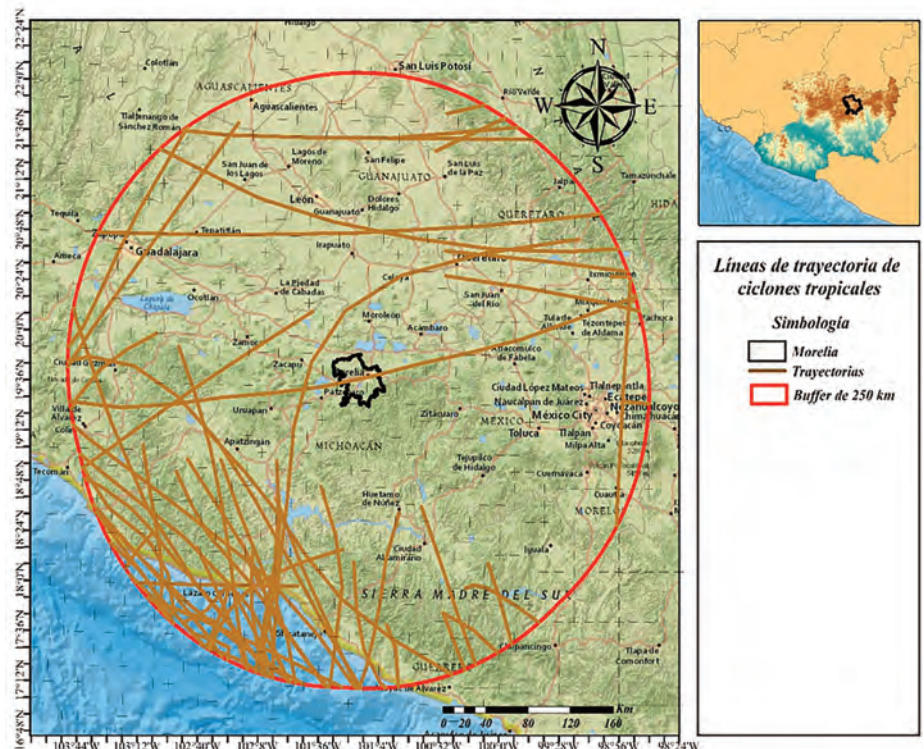


Figura 4. Líneas de trayectoria de ciclones tropicales cercanos a la región de estudio (datos de IBTrACS/NOAA, procesados y representados por los autores).

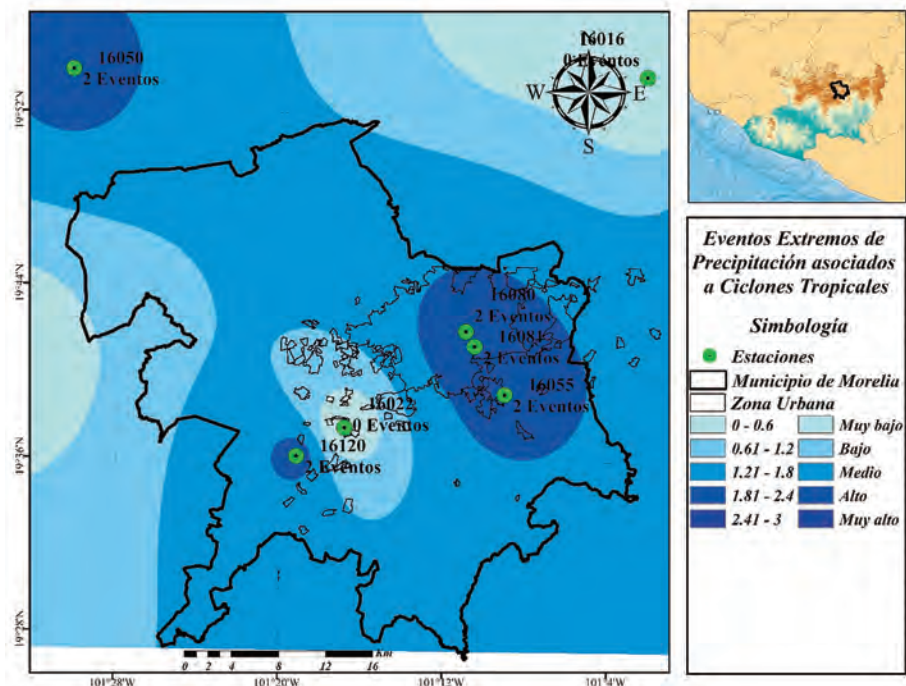


Figura 5. Eventos extremos de precipitación asociados a ciclones tropicales en Morelia (datos del SMN y NOAA, procesados y representados por los autores).

la planeación urbana. Gracias al análisis científico de la lluvia y de los ciclones tropicales, es posible anticipar escenarios críticos y actuar con responsabilidad y prevención, evitando que las lluvias extremas se conviertan en desastres inesperados.

Referencias

- Khouakhi, A., Villarini, G., & Vecchi, G. A. (2017). Contribution of tropical cyclones to rainfall at the global scale. *Journal of Climate*, 30(1), 359–372. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0298.1>
- León-Cruz, J. F., Díaz-Peón, A. L., & Rodríguez-García, H. I. (2022). Eventos extremos de precipitación en Colima, México (1981–2018). *Investigaciones Geográficas*, 107. <https://doi.org/10.14350/rig.60516>
- López, M. (2018, octubre 23). *Inundaciones por Villa y Vicente afectan a 2 mil familias en Morelia*. Uno TV Noticias. https://twitter.com/SEDESOH_Mich/status/1054784497781170176
- NOAA. (2018). *Tropical Cyclone Information*. National Oceanic and Atmospheric Administration. Consultado en: <https://www.noaa.gov/>
- Sistema Meteorológico Nacional. (2024). *Datos climatológicos históricos de Morelia, Michoacán*. Consultado en: <https://smn.conagua.gob.mx/>
- Villarini, G., Goska, R., Smith, J. A., & Vecchi, G. A. (2014). North Atlantic tropical cyclones and U.S. flooding. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(9), 1381–1388. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00060.1>

pueden provocar lluvias intensas capaces de transformar la ciudad en cuestión de horas. La humedad que transportan estos sistemas, combinada con el relieve montañoso de la región, favorece la ocurrencia de eventos extremos de

precipitación que pueden tener consecuencias graves.

Estudiar y mapear estos eventos es importante porque permite reducir riesgos, proteger a la población y mejorar

• Enviado: enero 16, 2026 • Aceptado: julio 12, 2026

El mar no se detiene: una nueva fuente de energía para México

The Sea Never Stops: A New Source of Energy for Mexico

Efraín Mateos Farfán¹, María Carmen Espinosa Espinosa²

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México. ²Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Ciudad de México, México.

Contacto: espinosaemc@gmail.com

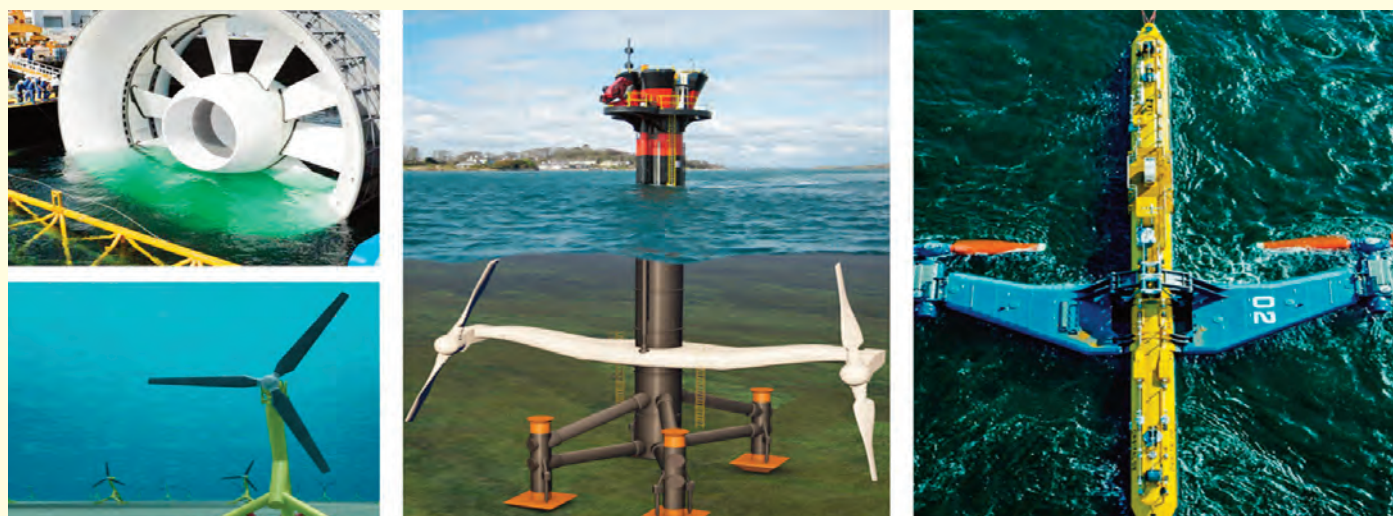


Figura 1. Tipos de dispositivos para captación de energía marina: turbina de eje horizontal con conducto (arriba izquierda) [Quintero González & Quintero González, 2016], turbina de eje horizontal fija al lecho marino (abajo izquierda y centro) [Hardisty, 2009], turbina de eje vertical [Royal Haskoning, 2011].

Resumen: El océano representa una fuente continua y poco aprovechada de energía renovable. En el contexto de la transición energética, las corrientes marinas surgen como una alternativa con potencial para complementar el suministro eléctrico en regiones costeras. En el Golfo de California, las corrientes presentan variaciones estacionales que influyen directamente en la energía disponible para su aprovechamiento. Mediante simulaciones hidrodinámicas realizadas con el modelo ROMS (*Regional Ocean Modeling System*), se analizaron las condiciones oceánicas en las inmediaciones de las islas Cerralvo y San José, Baja California Sur. Los resultados muestran periodos del año con alta disponibilidad energética, con diferencias estacionales marcadas entre invierno y verano, así como zonas con características favorables para el desarrollo de tecnologías de generación eléctrica. La energía marina se perfila como una alternativa renovable capaz de diversificar las fuentes de energía y contribuir a una transición energética más sostenible en México.

Palabras clave: Energía marina, Modelación oceánica, Generación eléctrica

Abstract: The ocean represents a continuous and largely untapped source of renewable energy. In the context of the global energy transition, marine currents emerge as a promising alternative for complementing electricity supply in coastal regions. In the Gulf of California, ocean currents exhibit seasonal variations that directly influence the amount of energy available for potential use. Hydrodynamic simulations performed with the Regional Ocean Modeling System (ROMS) were used to analyze ocean conditions near Cerralvo and San José islands, Baja California Sur. The results reveal marked seasonal differences between winter and summer, as well as areas with favorable characteristics for the development of electricity-generating technologies. Marine energy stands out as a renewable resource capable of diversifying energy sources and supporting a more sustainable energy transition in Mexico.

Key words: Marine energy, Ocean modeling, Power generation

Introducción

Desde tiempos remotos, el mar ha sido fuente de vida, regulador del clima y escenario de rutas y descubrimientos. Además de su importancia ecológica y económica, el océano representa una fuente continua de energía renovable con potencial para contribuir a la transición energética global. México, con más de 11,000 kilómetros de litoral, posee condiciones favorables para el aprovechamiento de este recurso. Entre ellas destaca Baja California Sur, cuyo sistema eléctrico opera de forma aislada del Sistema Eléctrico Nacional y depende principalmente de centrales que utilizan combustibles fósiles para generar electricidad (SENER, 2024).

Sus corrientes marinas, particularmente en el Golfo de California, representan una oportunidad para diversificar las fuentes de energía. Para conocer mejor su potencial, se utilizan herramientas computacionales capaces de simular el movimiento del océano e identificar las zonas donde estas corrientes podrían aprovecharse para generar electricidad (Shchepetkin & McWilliams, 2005).

Energía marina: aprovechar el movimiento del océano

La energía marina agrupa diversas formas de generación energética que aprovechan los movimientos del océano, como el oleaje, las mareas, las corrientes marinas y las diferencias de temperatura o salinidad. Entre ellas, el

aprovechamiento de las corrientes marinas se perfila como una de las opciones con mayor potencial debido a la continuidad y predictibilidad de este recurso (Hardisty, 2009). Su funcionamiento es relativamente sencillo: turbinas submarinas aprovechan el flujo constante de las corrientes de manera similar a como los aerogeneradores capturan la energía del viento (Figura 1).

Lo que otros países ya están probando bajo el agua.

Diversos países como Reino Unido, Francia, Corea del Sur y Canadá han desarrollado proyectos para aprovechar la energía de corrientes y mareas. Experiencias como las turbinas submarinas instaladas en Escocia o las pruebas realizadas en la Bahía de Fundy, Canadá, han demostrado la viabilidad de estas tecnologías y han permitido mejorar el diseño de los dispositivos y comprender mejor sus desafíos técnicos y ambientales (IEA, 2024; IRENA, 2020).

¿Y en México?

La transición hacia fuentes renovables responde a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso de combustibles fósiles, principales responsables del cambio climático. En México, cerca del 70 % de la electricidad aún se genera a partir de combustibles fósiles, mientras que las energías limpias aportan alrededor del 30 % del total nacional (SENER, 2024). Aunque el país ha avanzado notablemente en fuentes como la solar

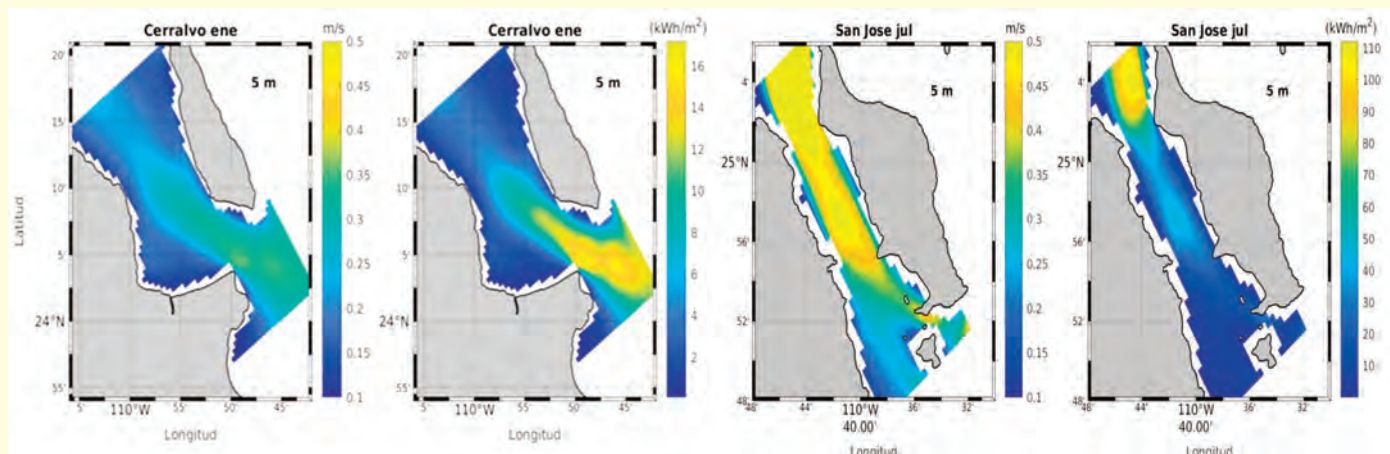


Figura 2. Distribución de la velocidad de corriente y energía cinética disponible a 5 m de profundidad en zonas cercanas a Isla Cerralvo y San José (La Paz, B.C.S.) en enero. Fuente: Elaboración propia con modelado ROMS

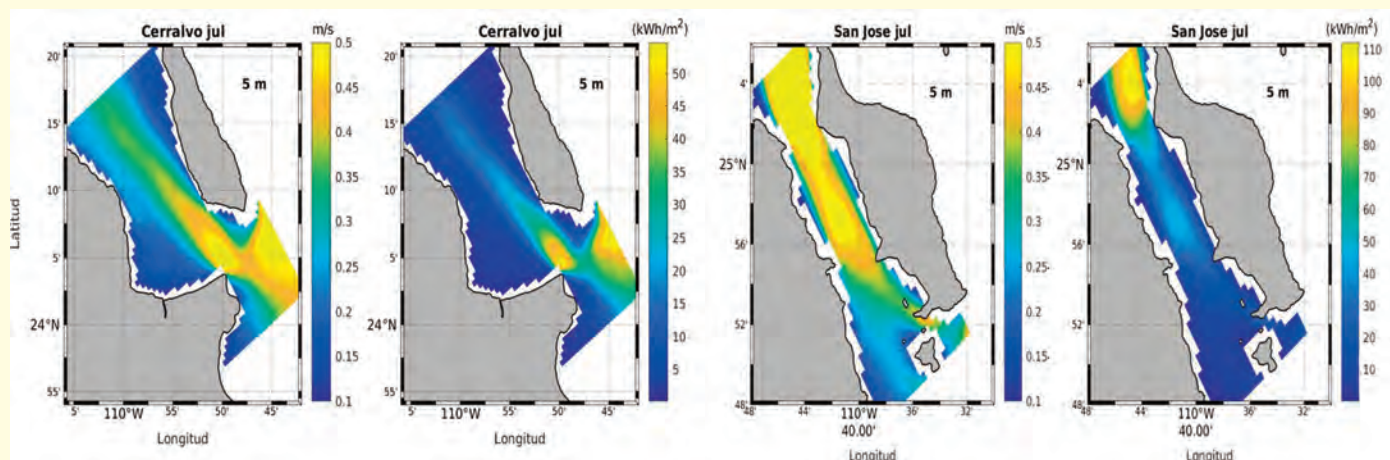


Figura 3. Distribución de la velocidad de corriente y energía cinética disponible a 5 m de profundidad en zonas cercanas a Isla Cerralvo y San José (La Paz, B.C.S.) en julio. Fuente: Elaboración propia con modelado ROMS.

y la eólica, la energía marina aún no cuenta con proyectos comerciales de generación eléctrica, a pesar de los más de 11,000 km de litoral y del potencial energético de sus costas. Una de las regiones con mayor potencial es el Golfo de California, donde las características del relieve submarino y la dinámica de las corrientes marinas favorecen el desarrollo de este tipo de tecnologías. En este trabajo se analizaron las zonas cercanas a Isla Cerralvo y a Isla San José, seleccionadas como caso de estudio por presentar corrientes relativamente estables y condiciones favorables para el aprovechamiento energético, aunque existen otras regiones del litoral mexicano que también podrían aprovechar este recurso.

A pesar de su potencial, el aprovechamiento de la energía marina en México enfrenta diversos desafíos. La instalación y operación de turbinas submarinas requiere inversiones iniciales elevadas, infraestructura especializada y estudios ambientales que garanticen la compatibilidad con los ecosistemas marinos. Además, tecnologías como la energía solar y la eólica han alcanzado un mayor grado de desarrollo y cuentan con costos más competitivos, lo que ha favorecido su adopción frente a alternativas emergentes como la energía marina (IEA, 2024; IRENA, 2020).

Para comprender el verdadero potencial de la energía marina en México es necesario observar cómo se comportan las corrientes a lo largo del año. En el Golfo de California, las variaciones estacionales pueden

incrementar o disminuir la energía disponible, lo que influye directamente en la viabilidad de instalar turbinas submarinas.

Se muestran los resultados obtenidos mediante ROMS (Regional Ocean Modeling System), una herramienta ampliamente utilizada en oceanografía para simular el movimiento del océano (Shchepetkin & McWilliams, 2005). A partir de datos oceánicos y atmosféricos de libre acceso fue posible representar las condiciones del Golfo de California e identificar las zonas donde las corrientes son más intensas y constantes, por lo tanto, con mayor potencial para la generación eléctrica.

Para estimar el potencial energético de las corrientes marinas se emplearon relaciones basadas en la energía cinética del flujo y la densidad de potencia, ampliamente utilizadas en estudios de energía marina. Estos cálculos permiten comparar sitios, identificar periodos con mayor energía disponible y evaluar su posible aprovechamiento (Bermúdez *et al.*, 2014; Hwang & Jo, 2019). La potencia aumenta de forma cúbica con la velocidad de la corriente, por lo que las zonas con corrientes rápidas presentan mayor interés energético (Hardisty, 2009).

Las Figuras 2 y 3 muestran la distribución espacial de la velocidad de corriente y la energía cinética disponible a 5 m de profundidad durante enero y julio, meses que representan dos condiciones estacionales contrastantes. Enero corresponde a uno de los periodos de menor potencial energético, mientras que julio presenta las

condiciones más favorables para el aprovechamiento de las corrientes marinas. Esta comparación permite apreciar cómo la energía disponible cambia tanto en el tiempo como entre distintas zonas de la región.

Aunque enero representa uno de los periodos con menor potencial energético del año, el canal entre Isla Cerralvo y la costa de Baja California Sur concentra las mayores velocidades de corriente para esta época, con flujos promedio entre 0.3 y 0.6 m/s. Esto se traduce en valores superiores a 16 kWh/m², mientras que la zona cercana a Isla San José alcanza alrededor de 1.2 kWh/m², mostrando que incluso durante la temporada de menor energía existen diferencias importantes entre ambas zonas.

La energía disponible se expresa en kWh/m² (kilowatt-hora por metro cuadrado), una unidad que indica la cantidad de energía presente por unidad de superficie. Esta medida también se utiliza en los mapas de recurso solar para identificar las zonas con mayor disponibilidad de energía (UNAM, s. f.). De forma similar, en este estudio permite localizar las áreas donde las corrientes marinas concentran un mayor recurso energético.

En julio, la disponibilidad energética aumenta notablemente en toda la región. La circulación se intensifica hacia el norte y la zona cercana a Isla San José supera los 110 kWh/m², convirtiéndose en el sitio con mayor potencial energético durante el verano. En la isla de Cerralvo también

incrementa su energía disponible, con valores superiores a 50 kWh/m², aunque menores que los registrados frente a Isla San José.

Para poner estos números en perspectiva, los más de 110 kWh/m² registrados cerca de Isla San José indican una alta disponibilidad de energía en el flujo marino.

Los mapas de energía muestran que el potencial para generar electricidad no es uniforme. Incluso dentro de una misma región existen corredores donde las corrientes concentran mucha más energía que las zonas vecinas.

Conclusiones

Las corrientes marinas del Golfo de California representan una alternativa con potencial para diversificar la matriz energética de México. Los resultados obtenidos mediante el modelo ROMS muestran que las zonas cercanas a Isla Cerralvo y San José presentan condiciones favorables para el aprovechamiento de energía marina a lo

largo del año. Su comportamiento relativamente predecible y continuo podría beneficiar especialmente a regiones costeras con sistemas eléctricos aislados.

Aunque aún existen retos tecnológicos, económicos y ambientales para su implementación, el océano mexicano posee características que lo convierten en un recurso estratégico para avanzar hacia un modelo energético más limpio y sostenible. La variabilidad observada entre invierno y verano resalta la importancia de continuar investigando este recurso y desarrollar tecnologías capaces de adaptarse a las condiciones cambiantes del mar.

Referencias

- Bermúdez Contreras, A., Oseguera Cházaro, M., & Flores Irigollen, A. (2014). Estimado grueso de energía cinética en las corrientes marinas de la ensenada de La Paz. *Ciencia desde el Occidente*, 1(1), 35–38.
- Hardisty, J. (2009). *The analysis of tidal stream power*. John Wiley & Sons.
- Hwang, S.-J., & Jo, C. H. (2019). Tidal current

energy resource distribution in Korea. *Energies*, 12(22), 4380. <https://doi.org/10.3390/en12224380>

International Energy Agency. (2024). *Ocean Energy Systems Annual Report 2023*. Ocean Energy Systems. <https://www.ocean-energy-systems.org>

International Renewable Energy Agency. (2020). *Innovation Outlook: Ocean Energy Technologies*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org>

Quintero González, J. R., & Quintero González, L. E. (2016). Sistemas de producción y potencial energético de la energía mareomotriz. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(1), 39–45. <https://doi.org/10.19053/1900771X.4078>

Royal Haskoning. (2011). *SeaGen environmental monitoring programme: Final report* (9S8562/R/303719/Edin). Marine Current Turbines Ltd. https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Final_EMP_report_SeaGen.pdf

Secretaría de Energía. (2024). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2024–2038 (PRODESEN)*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sener>

Shchepetkin, A. F., & McWilliams, J. C. (2005). The Regional Oceanic Modeling System (ROMS): A split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. *Ocean Modelling*, 9(4), 347–404. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2004.08.002>

Universidad Nacional Autónoma de México. (s. f.). *Atlas Solar de México*. Instituto de Geofísica, Sección de Radiación Solar. https://areas.geofisica.unam.mx/radiacion_solar/atlas.php

• Enviado: agosto 11, 2025 • Aceptado: enero 17, 2026

El aceite de aguacate: ¿fuente de la juventud?

(*Avocado oil: the fountain of youth?*)

Melvin David Flores Muñoz¹, Manuel Alejandro Vargas Vargas² y
Christian Cortés Rojo²

¹Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)

²Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH. Morelia, Mich., México.

Contacto: christian.cortes@umich.mx

Resumen. El aceite de aguacate, extraído de la pulpa del fruto, se ha posicionado como un valioso aliado contra el envejecimiento. Rico en ácidos grasos monoinsaturados, vitamina E y carotenoides como la luteína, este «oro verde» posee potentes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. A nivel celular, combate el estrés oxidativo y los radicales libres, principales agentes del deterioro biológico. Sus beneficios se extienden a la salud de la piel, mejorando su hidratación y elasticidad; al cerebro, con posible protección cognitiva; y al corazón, optimizando el perfil lipídico. Se recomienda su consumo crudo o con mínima cocción, así como su uso tópico. Aunque no es una solución mágica, su inclusión en una dieta equilibrada y un estilo de vida saludable lo convierte en un componente clave para un envejecimiento saludable.

Palabras clave: Aguacate, Antioxidantes, Envejecimiento.

Abstract. Avocado oil, extracted from the fruit's pulp, has emerged as a valuable ally against aging. Rich in monounsaturated fatty acids, vitamin E, and carotenoids like lutein, this «green gold» possesses powerful antioxidant and anti-inflammatory properties. At the cellular level, it combats oxidative stress and free radicals, key agents of biological deterioration. Its benefits extend to skin health, improving hydration and elasticity; to the brain, with potential cognitive protection; and to the heart, optimizing the lipid profile. Its consumption, raw or with minimal cooking, as well as its topical use, is recommended. While not a magic solution, its inclusion in a balanced diet and a healthy lifestyle makes it a key component for a healthy aging.

Keywords: Avocado, Antioxidants, Aging.

Introducción

¿Alguna vez te has preguntado cómo podemos mantenernos fuertes y sanos a medida que pasan los años? Aunque el futuro pueda parecer lejano, la verdad es que podemos empezar a cuidar de nosotros mismos desde ahora mismo. En este artículo vamos a hablar de un superalimento que quizás ya tengas en tu cocina: el aguacate y, más específicamente, el aceite que se extrae de él (Figura 1). ¿Será que este ingrediente tan popular guarda algunos trucos para ayudarnos a envejecer de mejor manera? Lo averiguaremos.

¿Qué es el aceite de aguacate y qué lo hace especial?

El aceite de aguacate viene de la pulpa cremosa de esta fruta. Normalmente, se extrae prensándolo en frío, algo así como exprimir el aguacate sin usar mucho calor, para que no pierda sus propiedades valiosas (Flores et al., 2019).

¿Y por qué es tan especial? Bueno, está lleno de grasas saludables, esas que tu cuerpo necesita para funcionar bien, como las que encuentras en el aceite de oliva. Además, es una excelente fuente de vitamina E, que es como un escudo



Figura 1. Aceite de aguacate en una botella de vidrio, mostrando su aspecto dorado característico.

para nuestras células, y contiene unos pigmentos llamados carotenoides, que le dan ese color verde característico y también nos aportan muchos beneficios (Elosaily et al., 2021). En resumen, no es un aceite cualquiera, es un aceite con un gran valor nutricional (Tabla 1).

¿Qué es el envejecimiento celular?

Envejecer es una parte natural de la vida, pero ¿sabes qué ocurre en nuestras células a medida que nos hacemos mayores? Imagina que tus células son como pequeñas máquinas. Con el tiempo, estas máquinas pueden empezar a «oxidarse», similar a cómo el metal se oxida si lo dejas al aire.

Esto se debe a un proceso llamado estrés oxidativo, que ocurre cuando hay demasiadas moléculas inestables, llamadas radicales libres, rondando por el cuerpo. Estos radicales libres pueden dañar nuestras células, nuestro ADN y otras partes importantes de nuestro cuerpo. Y cuando este daño se acumula, no solo notamos cambios en nuestra piel; también puede hacernos más propensos a desarrollar algunas enfermedades con el tiempo, como el cáncer, diabetes, trastornos cardiovasculares y enfermedades neurodegenerativas (López-Otín et al., 2013). Por eso, proteger nuestras células es esencial.

El poder antioxidante del aceite de aguacate

Aquí es donde el aceite de aguacate entra en acción con sus antioxidantes.

Piensa en ellos como defensores que luchan contra el estrés oxidativo.

La vitamina E, de la que ya hablamos, es uno de esos defensores principales. Ayuda a proteger las membranas de nuestras células para que no sufran el ataque de los radicales libres (Elosaily et al., 2021; Wang & Quinn, 2000). Pero no está sola; también cuenta con la luteína y

el beta-sitosterol, que son otros compuestos que refuerzan la protección antioxidante y antiinflamatoria. Estos componentes trabajan juntos para neutralizar a los radicales libres, ayudando a que nuestras células se mantengan sanas y reduciendo esa oxidación en nuestro cuerpo (Ahn & Kim, 2021; Ortiz-Avila et al., 2015; Pap et al., 2021; Zhang et al., 2023).

Beneficios para tu piel, cerebro y corazón

Los efectos positivos del aceite de aguacate se manifiestan en varias partes importantes de nuestro cuerpo:

Piel: ¿Buscas una piel hidratada y con un aspecto saludable? El aceite de aguacate es excelente para eso. Gracias a su vitamina E y sus grasas, ayuda a que tu piel esté más elástica y protegida, lo que puede contribuir a un aspecto más joven y fresco (Dewi et al., 2024).

Cerebro: Las grasas saludables y los antioxidantes de este aceite podrían ser buenos para tu mente. La luteína, por ejemplo, se ha relacionado con una mejor función cerebral y podría ayudar a

Tabla 1. Antioxidantes presentes en el aceite de aguacate (Flores et al., 2019; Torres-Isidro, 2025).

Antioxidante	Clase	Función principal
Vitamina E (α-tocoferol)	Vitamina liposoluble	Protege membranas celulares del daño oxidativo.
Luteína	Carotenoide	Neutraliza radicales libres y protege la salud ocular.
β-sitosterol	Fitoesterol	Tiene efectos antioxidantes y antiinflamatorios.
Ácido oleico	Ácido graso monoinsaturado	Previene la oxidación lipídica en membranas celulares.
Glutación	Tripéptido endógeno	Participa en la detoxificación celular y defensa antioxidante.
Escualeno	Hidrocarburo insaturado	Actúa como antioxidante natural en la piel y otras células.
Fenoles totales	Compuestos fenólicos	Inhiben procesos oxidativos en alimentos y organismos.

protegerse de problemas de memoria en el futuro (Scott et al., 2017).

Corazón: Este aceite es amigo de tu sistema cardiovascular. Sus grasas monoinsaturadas pueden ayudar a mantener tus niveles de colesterol en equilibrio, disminuyendo el colesterol «malo» (LDL) y aumentando el «bueno» (HDL). Además, tiene propiedades que pueden ayudar a reducir la inflamación, lo cual es muy bueno para el corazón (Carvajal-Zarrabal et al., 2014)

¿Cómo consumirlo para aprovechar sus beneficios?

Para sacarle el mayor provecho al aceite de aguacate, lo ideal es incorporarlo a tu dieta diaria. Con una o dos cucharadas al día suele ser suficiente para empezar.

Un consejo importante: úsalo crudo o cuando la cocción sea mínima. El calor muy alto puede reducir la cantidad de algunos de sus nutrientes más sensibles (Resende et al., 2019). Es perfecto para aderezar tus ensaladas, como base para aderezos caseros, o incluso para añadir un toque cremoso a tus batidos. Su sabor suave lo hace muy versátil en la cocina (Palsdottir, 2024)

Aplicaciones cosméticas: ¿mito o realidad?

El aceite de aguacate es un ingrediente muy popular en la industria de la belleza, y lo encuentras en cremas, mascarillas y sueros. Y sí, su eficacia al aplicarlo en la piel es real. Sus propiedades hidratantes y nutritivas son bien conocidas. Las grasas esenciales y la vitamina E penetran en la piel, ayudando a producir colágeno y elastina, que son importantes para mantenerla firme (Dewi et al., 2024).

Pero, además de usarlo por fuera, consumir el aceite también es muy beneficioso. Es un enfoque doble: lo aplicas por fuera para cuidar tu piel directamente, y lo ingieres para nutrir tu cuerpo desde adentro, lo que puede potenciar los resultados.

Lo que dice la ciencia: estudios relevantes

La ciencia está prestando cada vez más atención al aceite de aguacate. Estudios en animales han demostrado



Figura 2. Personas mayores realizando actividad física.

que puede reducir el estrés oxidativo en diferentes partes del cuerpo y mejorar ciertos indicadores de salud, como la presión arterial, el funcionamiento renal, así como los niveles de glucosa y lípidos en sangre, lo que está relacionado con una mejor salud cardiovascular (Torres-Isidro et al., 2025).

En el caso de los humanos, aunque se necesita más investigación, los estudios preliminares sugieren beneficios para la salud cardiovascular, como la mejora del perfil lipídico en personas con colesterol alto (James-Martin et al., 2024; Tan et al., 2018). Es un campo en constante estudio y con resultados muy prometedores.

Precauciones y una perspectiva realista

Es crucial entender que el aceite de aguacate, aunque muy beneficioso, no es una solución mágica para detener el envejecimiento. Envejecer es un proceso natural que nadie puede evitar por completo. Además, aunque las reacciones alérgicas son raras, siempre existe la posibilidad. (Schiller, 2023). La clave para un envejecimiento saludable está en un enfoque que integre varios aspectos: por ejemplo, una dieta balanceada y variada (que incluya alimentos como el aceite de aguacate), ejercicio regular, dormir bien y aprender a manejar el estrés del día a día (Calder, 2018). Véase Figura 2 para una representación gráfica.

Conclusión

Definitivamente, el aceite de aguacate puede ser un gran aliado en el camino

hacia un envejecimiento saludable. Su composición única, rica en grasas saludables, vitamina E y carotenoides, le otorga propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que pueden proteger tus células y beneficiar tu piel, tu cerebro y tu corazón.

Incluirlo en la alimentación es una decisión inteligente. Hay que pensar en él como una pieza más en el rompecabezas de una vida sana y plena, no como la única respuesta. Después de todo, cuidar de nosotros mismos hoy es la mejor inversión para nuestro futuro.

Referencias

- Ahn, Y. J., & Kim, H. (2021). Lutein as a modulator of oxidative stress-mediated inflammatory diseases. *Antioxidants*, 10(9), 1448. <https://doi.org/10.3390/antiox10091448>
- Calder, P. C., Carding, S. R., Christopher, G., Kuh, D., Langley-Evans, S. C., & McNulty, H. (2018). A holistic approach to healthy ageing: how can people live longer, healthier lives? *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. <https://doi.org/10.1111/jhn.12566>
- Carvajal-Zarrabal, O., Nolasco-Hipolito, C., Aguilar-Uscanga, M. G., Melo-Santiesteban, G., Hayward-Jones, P. M., & Barradas-Dermitz, D. M. (2014). Avocado Oil Supplementation Modifies Cardiovascular Risk Profile Markers in a Rat Model of Sucrose-Induced Metabolic Changes. *Disease Markers*, 2014, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/386425>
- Dewi, R. H. T. M., Sholihah, N., Nofitasari, R., Adhityasmara, D., & Shabrina, A. (2024). The potential of avocado oil for topical use: A narrative review. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*, 21(1), 106–114. <https://doi.org/10.31942/jiffk.v21i1.11218>
- Elosaily, A. H., Mahrous, E. A., Salama, A. A., Salama, A. M., & Elzalabani, S. M. (2021). Composition, anti-inflammatory, and antioxidant activities of avocado

Gomitas dulces sin azúcar

Con eritritol y harina de nopal. Menos calorías, más funcionalidad

Sugar-free sweet gummies

With erythritol and nopal flour. Fewer calories, more functionality

Rafael Zamora Vega^{1,2}, José Octavio Rodiles López¹
y Rosa María Trujillo Aguirre^{1,2}

Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
2. Universidad Contemporánea de las Américas. Morelia, Michoacán, México

Contacto: rosa.trujillo@umich.mx

Resumen. Se desarrolló una golosina tipo gomita dulces sin azúcar como una alternativa más saludable frente a las convencionales que contiene azúcar, y que generan serios problemas nutricionales y médicos, como la diabetes y el sobrepeso. Se usó eritritol como edulcorante no calórico y harina de nopal como ingrediente funcional rico en fibra dietética. Las nuevas gomitas podrían actuar como un alimento funcional, debido a su alta presencia de fibra, y fuente alterna de proteínas, además de contener un menor contenido calórico comparado con las gomitas tradicionales y un sabor dulce sin necesidad de sacarosa por la presencia del eritritol.

Palabras Clave: Gomitas Dulces, Eritritol, Harina de Nopal.

Abstract. A sugar-free gummy candy was developed as a healthier alternative to conventional sugar-containing candies, which can lead to serious nutritional and health problems, such as diabetes and obesity. Erythritol was used as a non-caloric sweetener, and nopal flour as a functional ingredient rich in dietary fiber. The new gummies could serve as a functional food, thanks to their high fiber content and role as an alternative source of protein. They also have fewer calories than traditional gummies and offer a sweet taste without the need for sucrose, thanks to the presence of erythritol.

Keywords: Gummy Candies, Erythritol, Nopal Flour.

Introducción

La relación entre la alimentación y la salud ha cobrado gran importancia en las últimas décadas, principalmente por la evidencia científica que dietas desequilibradas se han asociado con el desarrollo de enfermedades no transmisibles como la obesidad, diabetes mellitus tipo 2, patologías cardiovasculares, hipertensión arterial, cáncer y osteoporosis, entre otras. Esto ha generado un mayor interés por parte de la población mundial por consumir productos alimentarios considerados “saludables” o productos “fitness”, sin embargo, los niños es un problema

porque desprecian a los alimentos no dulces (Landín *et al.*, 2024). La llamada sociedad fitness aboga por una mejora en la salud mediante comidas equilibradas y ejercicio como respuesta al estrés cotidiano.

La industria de la confitura usa como ingrediente base el azúcar de mesa, sacarosa, pero esta puede ser dañina a la salud, por lo que se sugiere el uso de edulcorante alternos. Las gomitas dulces son caramelos masticables blandos o suaves que se elaboran con un agente gelificante que les proporcionarán una textura gomosa y elástica característica. Actualmente se propone el uso de sustitutos de sacarosa, llamados edulcorantes, sustancias que pueden ser de origen natural o artificial

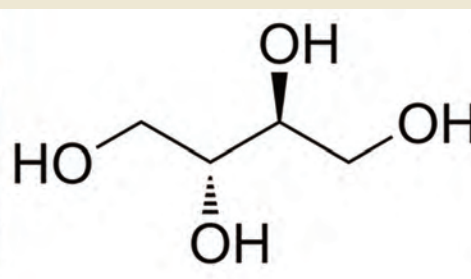


Figura 1. Eritritol. https://tienda.pochteca.com.mx/media/wysiwyg/eritritol_usos.jpg

oil obtained from Duke and Fuerte cultivars. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 99(2), 181–186. <https://doi.org/10.1002/aocs.12565>

Flores, M., Saravia, C., Vergara, C. E., Avila, F., Valdés, H., & Ortiz-Viedma, J. (2019). Avocado oil: Characteristics, properties, and applications. *Molecules*, 24(11), 2172. <https://doi.org/10.3390/molecules24112172>

James-Martin, G., Brooker, P. G., Hendrie, G. A., & Stonehouse, W. (2024). Avocado consumption and cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 124(2), 233–248. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2022.12.008>

López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153(6), 1194–1215. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.05.039>

Ortiz-Ávila, O., Esquivel-Martínez, M. D. C., Olmos-Orizaba, B. E., Saavedra-Molina, A., Rodríguez-Orozco, A. R., & Cortés-Rojo, C. (2015). Avocado oil improves mitochondrial function and decreases oxidative stress in brain of diabetic rats. *Journal of Diabetes Research*, 2015, 485759. <https://doi.org/10.1155/2015/485759>

Palsdottir, H. (2024, noviembre 26). Evidence-Based Health Benefits of Avocado Oil. *Healthline*. Recuperado de <https://www.healthline.com/nutrition/9-avocado-oil-benefits>

Pap, R., Pandur, E., Jánosa, G., Sipos, K., Agócs, A., & Deli, J. (2021). Lutein exerts antioxidant and anti-inflammatory effects and influences iron utilization of BV-2 microglia. *Antioxidants*, 10(3), 363. <https://doi.org/10.3390/antiox10030363>

Resende, L. M. B., de Souza, V. R., Ferreira, G. M. D., & Nunes, C. A. (2019). Changes in quality and phytochemical contents of avocado oil under different temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 401–408. <https://doi.org/10.1007/13197-018-3501-7>

Schiller, R. (2023). What You Need to Know About an Avocado Allergy. *Verywell Health*. <https://www.verywellhealth.com/avocado-allergy-5222369>

Scott, T. M., Rasmussen, H. M., Chen, O., & Johnson, E. J. (2017). Avocado consumption increases macular pigment density in older adults: A randomized, controlled trial. *Nutrients*, 9(9), 919. <https://doi.org/10.3390/nu9090919>

Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H., & Ghazali, H. M. (2018). Hypocholesterolaemic and hepatoprotective effects of virgin avocado oil in diet-induced hypercholesterolaemia rats. *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 2706–2713. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13880>

Torres-Isidro, O., González-Montoya, M., Vargas-Vargas, M. A., Florian-Rodríguez, U., García-Berumen, C. I., Montoya-Pérez, R., Saavedra-Molina, A., Calderón-Cortés, E., Rodríguez-Orozco, A. R., & Cortés-Rojo, C. (2025). Anti-Aging Potential of Avocado Oil via Its Antioxidant Effects. *Pharmaceuticals*, 18(2), 246. <https://doi.org/10.3390/ph18020246>

Wang, X., & Quinn, P. J. (2000). The location and function of vitamin E in membranes (review). *Molecular membrane biology*, 17(3), 143–156. <https://doi.org/10.1080/09687680010000311>

Zhang, P., Liu, N., Xue, M., Zhang, M., Liu, W., Xu, C., Fan, Y., & Zhou, Y. (2023). Anti-inflammatory and antioxidant properties of β -sitosterol in copper sulfate-induced inflammation in zebrafish (*Danio rerio*). *Antioxidants*, 12(2), 391. <https://doi.org/10.3390/antiox12020391>



Figura 2. Harina de nopal.

https://www.cosmos.com.mx/fotou/5b103f549aa41583778b4568_color.jpg

y que permiten proporcionar un sabor dulce a los alimentos y bebidas con un aporte calórico bajo o nulo (Robles *et al.*, 2020). El Síndrome Metabólico y enfermedades asociadas al mismo como diabetes y obesidad han presentado un aumento epidemiológico sin precedentes, por lo que el desarrollo de nuevos productos alimenticios es punto crucial para contrarrestarlo, incluyendo el uso de edulcorantes no calóricos; dentro de estos destacan los polialcoholes o polioles, como el sorbitol, el xilitol y el eritritol, y considerados como de origen natural. El eritritol no eleva los niveles de glucosa en sangre y tampoco es fermentado por las bacterias bucales, aportando beneficios adicionales en la prevención de caries dentales (Lapiente-Campos *et al.*, 2025).

Otra tendencia mundial en la alimentación es el desarrollo de alimentos procesados funcionales, siendo aquellos que además de su valor nutritivo aportan beneficios directos a la salud. El nopal es una cactácea originaria de México con propiedades hipoglucémicas y fuente de proteínas, 1.5%, y fibra dietética, 1.1% en fresco, y la harina de nopal contiene 47.7% de fibra dietética con 42.8% de fibra insoluble y 4.9% de fibra soluble, además de 16.4% de carbohidratos, 12.7% de proteínas, 3.0% de lípidos y

20.2% de cenizas en base seca (Landín *et al.*, 2024; Castillo *et al.*, 2013).

La combinación de edulcorantes no calóricos como el eritritol y alimentos ricos en fibra dietética como la harina de nopal permiten el desarrollo de nuevos productos de confitería con un perfil nutricional mejorado.

Metodología

El objetivo fue desarrollar un nuevo producto tipo confitería, gomita dulce sin azúcar, endulzada con eritritol y fortificada con harina de nopal, usando grenetina como agente gelificante. También se usaron una serie de aditivos químicos para estabilizar el producto y basados en lo reportado en una gomita de marca comercial. La elaboración de las gomitas se realizó como se muestra en la Figura 3, desarrollándose diferentes formulaciones variando la concentración de la harina de nopal y eritritol, hasta obtener la formulación óptima acorde a un análisis sensorial.

Se realizó un análisis químico proximal conforme a los métodos oficiales de la AOAC, 2019, que incluyeron humedad, proteínas, lípidos, cenizas, y carbohidratos por diferencia, así como la determinación de fibra dietética de acuerdo a Prosky *et al.*

(1988), y comparando resultados con el análisis proximal de una gomita de marca comercial, Lucky Gummies®.

Resultados y Discusión

Se desarrolló una gomita dulce sin azúcar usando eritritol como edulcorante y fortificada con harina de nopal para mejorar su perfil nutricional, empleando grenetina como agente gelificante. Se usaron una serie de aditivos químicos para estabilizar el producto terminado como, ácido cítrico, tartárico y vinagre como acidulantes, saborizantes y conservadores; fosfato de potasio como estabilizante del gel y agente humectante; glicerina como humectante; goma xantana como espesante; isomalt para dar textura y edulcorante; maltodextrinas para aportar cuerpo en sustitución del azúcar; colorante verde para favorecer la aceptación sensorial y emulando el color del nopal; y ceras de carnauba y abeja para aportar brillo y evitar la pérdida de agua y sabores durante la vida de anaquel. También se usó limón en polvo como saborizante.

Se probaron diferentes concentraciones de eritritol como edulcorante y harina de nopal. Se pensó primeramente usar nopal fresco, pero la gente percibió un fuerte resabio a mucilago, por lo que se optó por la harina. Finalmente se decidió usar 12% de harina de nopal y 53% de eritritol en base seca. La aceptación general fue de 83% evaluando color, olor, textura, sabor y dulzura. Finalmente se realizó un análisis bromatológico y comparando resultados con una gomita comercial elaborada con sacarosa, los resultados se presentan en la Tabla 1. Se observó una gran disminución en carbohidratos, entendidos como azúcares, y un alto contenido de fibra dietética, además de proteínas y lípidos.

Se pudo observar que las gomitas con eritritol y harina de nopal presentaron un perfil nutricional significativamente más saludable, ya que hay presencia de fibra dietética, carente en la gomita comercial; un aumento en proteínas, más de cuatro veces; y también aparición de lípidos, aportados por la harina de nopal. Por otro lado, hubo una disminución en carbohidratos, cuatro veces. Estudios de meta análisis, han demostrado que



Figura 3. Desarrollo gomitas sin azúcar a base de harina de nopal y eritritol
(Autoría Propia usando IA, Chatgpt)

reemplazar el azúcar con edulcorantes bajos en calorías puede ayudar a reducir la ingesta calórica total y contribuir al control del peso, especialmente cuando se combinan con una alimentación equilibrada y ejercicio (Lapunte-Campos *et al.*, 2025).

El sustituir la sacarosa por eritritol, hace que este producto sea apto para consumidores que buscan un control de la glucosa o dietas bajas en calorías, incluyendo diabéticos y personas con sobrepeso. Le *et al.*, 2022, señalan que el uso de polioles como el eritritol aumentan la temperatura de gelificación mejorando la red del gel y mejorando la textura y aceptabilidad sensorial de gomitas dulces, además de afectar

favorablemente la pérdida de sinéresis por cizalla. Este poliol no es metabolizable y no aporta energía utilizable, lo que explica la reducción significativa del contenido calórico total, 196 kcal/100 g frente a las 343 kcal/100g de las gomitas comerciales con sacarosa.

La harina de nopal incrementó los niveles de fibra dietética y con ello un efecto prebiótico, aportando posibles beneficios metabólicos y contribuyendo a la posible disminución del índice glucémico. Hernández *et al.*, 2025, reportan aumento de fibra dietética en gomitas con estevia y harina de nopal y bajo índice glucémico en humanos en pruebas *in vivo*.

Tabla 1. Análisis Químico Proximal Gomitas. 100 g

	Gomita Eritritol / Nopal	Gomita Comercial
Humedad	45.60 ± 0.80	13.60 ± 0.50
Carbohidratos	19.50 ± 2.74	80.00 ± 0.77
Fibra dietética	9.30 ± 0.50	0.20 ± 0.01
Proteínas	22.50 ± 1.30	5.50 ± 0.20
Lípidos	2.10 ± 0.10	0.10 ± 0.01
Cenizas	1.00 ± 0.04	0.60 ± 0.05
kcal/100g	196	343

Conclusiones

La sustitución de sacarosa por el edulcorante eritritol de origen natural en el desarrollo de una golosina tipo gomita reduce el contenido energético comparado con una gomita comercial. Además, la harina de nopal aportó fibra dietética, permitiendo con ello un nuevo producto con cualidades funcionales, que además de nutrir aportará beneficios a la salud, ya que podría funcionar como prebiótico y ayudar al control del índice glucémico.

Referencias

- AOAC. 2019. Association of Official Analytical Chemists. 21st edition.
- Castillo, S., Estrada, L., Margalef, M. & Tóffoli, S. 2013. Obtención de harina de nopal y formulación de alfajores de alto contenido en fibra. *Diaeta*. 31(142): 20-26. ISSN 0328-1310
- Hernández, A., Rodiles, J. O., Zamora, R. 2025. Desarrollo de una golosina tipo gomita sin azúcar fortificada con harina de nopal e inulina y endulzada con estevia. Tesis Licenciatura. Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
- Landín, M. G., Rodríguez, M. M., Chaires, L. A., Hernández, M. A. & Galaviz, M. G. 2024. Elaboración de harina para hotcakes fortificada con harina de nopal-amaranto. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. 5(1): 3313. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1836>
- Lapunte-Campos, D., Romero, P. & Peón, A. 2025. El eritritol carece de actividad antimicrobiana in vitro contra los probióticos *Alcalihalobacillus clausii*, *Lactobacillus acidophilus* y *L. delbruekii*. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. 13: 107-110. <https://doi.org/10.29057/icbi.v13i26.15253>
- Le, H., Wang, X., Wei, Y., Zhao, Y., Zhang, J. & Zhang, L. 2022. Making polyol gummies by 3D printing: effect of polyols on 3D printing characteristics. *Foods*. 11: 874. <https://doi.org/10.3390/foods11060874>
- Robles P., Moreno A. & Chalini I. G. 2020. Tecnología de elaboración de gomitas de gretina adicionadas con vitamina C. *Humanidades, Tecnología y Ciencia. Instituto Politécnico Nacional*. 22: 1-6. ISSN 2007-1957

Porphyridium cruentum: Antioxidantes que florecen entre mareas y luz *Porphyridium cruentum: Antioxidants that flourish between tides and light*

Mariana Rodríguez-Campos y Juan Carlos González-Hernández

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, Av. Tecnológico 1500, Col. Lomas de Santiaguito, Morelia 58120, Michoacán, México

Contacto: juan.gh@morelia.tecnm.mx

Resumen. Los radicales libres representan una amenaza constante para las células, pero ciertas microalgas han evolucionado para producir compuestos capaces de contrarrestar sus efectos. *P. cruentum*, una microalga marina de color rojo vibrante produce antioxidantes naturales que no solo le ayudan a sobrevivir en ambientes extremos, sino que también han demostrado tener posibles beneficios para la salud humana. Esta microalga cultivable en condiciones controladas produce pigmentos como la clorofila a, ficoeritrina y carotenoides, los cuales presentan actividad antioxidante comprobada. Su perfil bioactivo la hace adecuada para ser utilizada en la industria cosmética, alimentaria y ambiental. Por ello, este trabajo de investigación busca presentar un panorama general de los antioxidantes presentes en esta microalga, con el propósito de motivar el interés por su estudio y posible aplicación en distintas áreas.

Palabras clave. *P. cruentum*, microalgas rojas, ficoeritrina, antioxidantes naturales

Abstract. Free radicals represent a constant threat to cellular health, but certain microalgae have evolved to produce compounds capable of counteracting their effects. *P. cruentum*, a marine microalgae with a vibrant red color, synthesizes natural antioxidants that not only help it survive in extreme environments but also may offer potential health benefits to humans. This microalgae, which can be cultivated under controlled conditions, produces pigments such as chlorophyll a, phycoerythrin and carotenoids, which have proven antioxidant activity. Its bioactive profile makes it a promising candidate for application in the cosmetic, food, and environmental industries. Therefore, this research article aims to present an overview of the antioxidant compounds found in this microalgae, with the intention of increasing interest in their study and possible applications across various fields.

Key words. *P. cruentum*, red microalgae, phycoerythrin, natural antioxidants

¿Y si el próximo antioxidante natural no viniera de una fruta exótica, sino de una microalga roja microscópica?

Las microalgas son organismos microscópicos, mayoritariamente unicelulares, capaces de realizar fotosíntesis, lo que les permite transformar la luz solar y el dióxido de carbono en biomasa rica en compuestos de alto valor biológico. Habitan una enorme diversidad de ambientes acuáticos, tanto marinos como continentales, y han despertado un creciente interés en la biotecnología debido a su capacidad de sintetizar pigmentos, lípidos, proteínas y antioxidantes naturales con múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Hernández y Labbé, 2014).

Una de sus características más destacadas es su velocidad de reproducción bajo condiciones adecuadas, sin demandar grandes cantidades de agua, espacio o nutrientes, adaptándose con facilidad a sistemas de cultivo controlados. Las algas rojas (Figura 1) se distinguen por su coloración característica dada por el pigmento ficoeritrina.

Estas algas predominan en ambientes acuáticos de mayor profundidad, pues sus pigmentos le permiten captar longitudes de onda de la luz del sol que penetran más profundamente el agua, absorben la luz azul y reflejan la roja, lo cual le dan su característico color rojizo (González, 2017).

Características de *P. cruentum*

P. cruentum es una microalga unicelular perteneciente al grupo de las algas rojas. Su reproducción ocurre principalmente de forma asexual, a través de la formación de monosporas, es decir, células que se reproducen y se liberan desde la pared externa de la célula

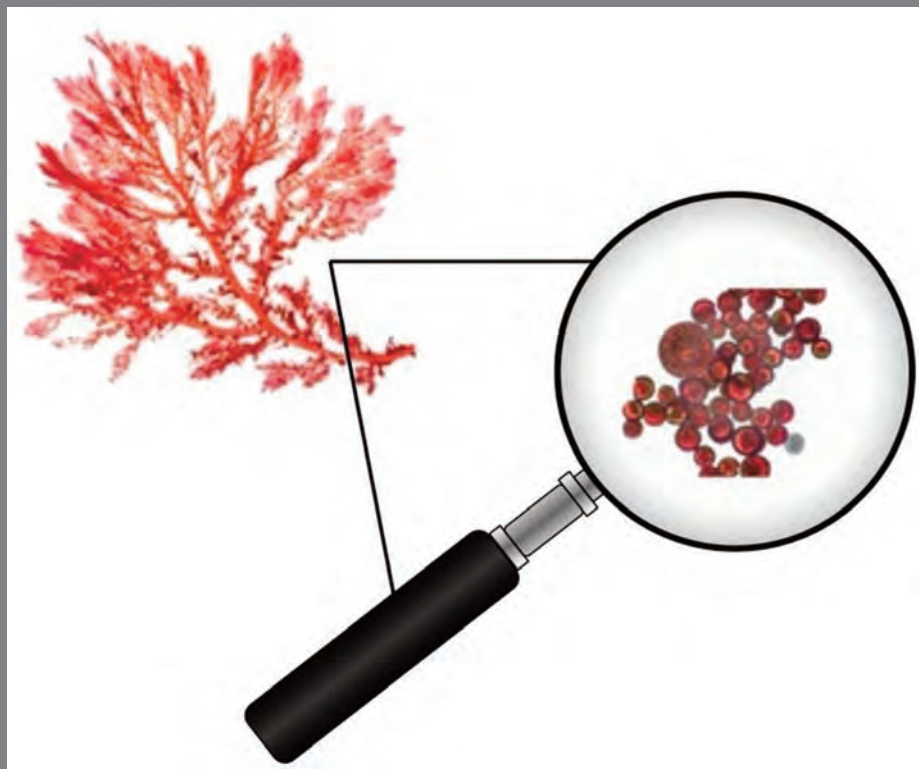


Figura 1. Microalga roja perteneciente al filo Rhodophyta, caracterizada por la presencia de pigmentos accesorios como ficobiliproteínas (ficoeritrina y ficocianina), que le otorgan su coloración rojiza. En el recuadro ampliado se observan sus células agrupadas en colonias, las cuales poseen gran importancia en estudios de metabolitos bioactivos y antioxidantes de interés biotecnológico (Tomado y modificado de <https://www.istockphoto.com/es/fotos/microalgas>).

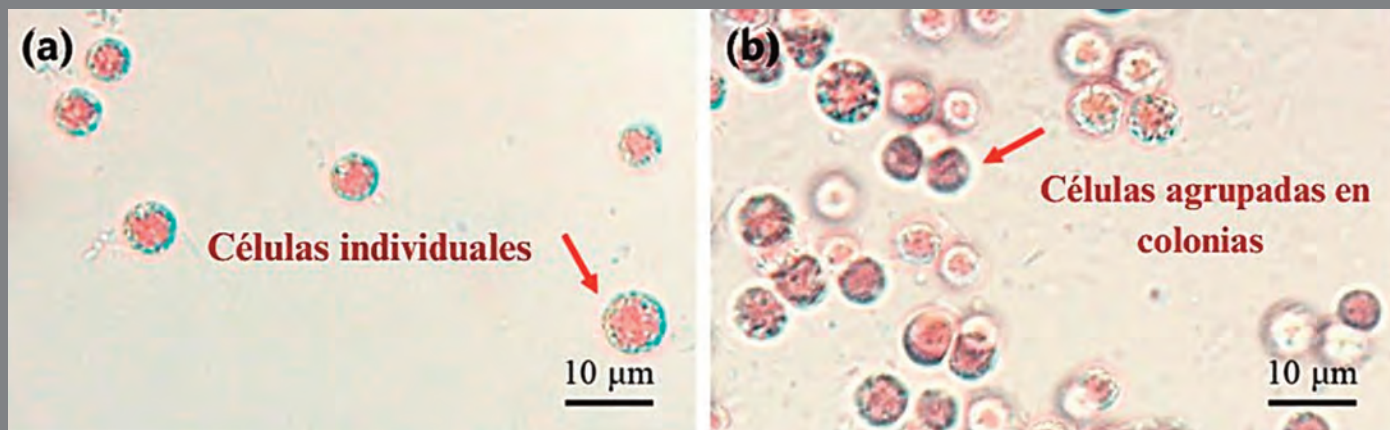


Figura 2. La figura muestra células de la microalga roja *P. cruentum* a una escala de 10 µm (a). Esta especie se caracteriza por su morfología esférica y por estar rodeada de una matriz extracelular polisacáridica. En la imagen se distinguen tanto células aisladas como agrupadas, lo cual es común en este género (b). (Tomado y modificado de <https://doi.org/10.3390/foods11142069>)

madre, capaces de germinar y formar una nueva célula independiente (Borowitzka, 2018). Con apenas 10 µm de diámetro (Servel *et al.*, 1994), esta microalga ha despertado el interés científico debido a la capacidad para adaptarse a distintos ambientes (Figura 2): puede vivir tanto en ambientes marinos como en suelos húmedos con alta salinidad.

A diferencia de otras algas, sus células carecen de pared celular, y presentan una membrana rodeada por una matriz gelatinosa llamada “cápsula”, hecha de polisacáridos sulfatados. Esta cápsula tiene funciones importantes para la microalga, no solo cumple una función estructural, sino que también actúa como una barrera antioxidante natural, facilitando la adherencia a superficies y mejorando la captación de nutrientes (Frómata y Gómez, 2024).

Su metabolismo es autótrofo: utiliza la luz del sol como impulso vital, fijando el carbono presente en el dióxido de carbono (CO₂) y lo convierte en biomoléculas orgánicas por medio de la fotosíntesis. Esto es posible por la presencia de pigmentos como la ficoeritrina que absorben luz azul y verde para activar el proceso fotosintético, le acompañan la clorofila a y otros carotenoides, completando el sistema fotosintético (Montoya *et al.*, 2022). Mientras que, como bono extra, también protegen a la célula frente al estrés oxidativo.

Se ha comprobado en diversas investigaciones que *P. cruentum* crece eficientemente entre los 20 y 25 °C, en medios con pH de 8.3 a 9 y bajo condiciones de iluminación controladas

(Huang y Cheung, 2021). Estos parámetros, junto con un suministro adecuado de nitrógeno, fósforo y dióxido de carbono, permiten que esta microalga produzca metabolitos con aplicaciones en la salud humana, la industria cosmética y ambiental.

El poder antioxidante de *P. cruentum*

En el interior de nuestras células ocurren constantemente reacciones químicas necesarias para mantener la vida. Sin embargo, muchas de estas reacciones producen moléculas inestables conocidas como radicales libres. Los radicales libres son átomos o moléculas que poseen uno o más electrones no apareados, lo que los vuelve altamente inestables y propensos a reaccionar con otras moléculas. Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciando así una verdadera reacción en cadena que destruye células (Avello y Suwalsky, 2006). Aunque forman parte natural del metabolismo celular tanto en organismos animales como vegetales, su acumulación descontrolada se ha vinculado con procesos como el envejecimiento, inflamación crónica y el desarrollo de diversas enfermedades.

Para protegerse del daño oxidativo, los organismos cuentan con sistemas naturales que bloquean la acción de los radicales libres antes de que provoquen consecuencias más graves. Estos sistemas, conocidos como antioxidantes, funcionan mediante procesos celulares que disminuyen la reactividad de estas

moléculas inestables o previenen su formación, ayudando así a mantener el equilibrio celular. Entre las fuentes emergentes de antioxidantes naturales, las microalgas han captado atención por su capacidad de sintetizar compuestos bioactivos con alto potencial protector. Su entorno marino las somete a condiciones de radiación intensa, salinidad variable y estrés oxidativo constante, lo que ha impulsado la evolución de mecanismos de defensa con gran efectividad.

P. cruentum es la microalga que no solo destaca por su adaptabilidad ecológica, sino también por su habilidad de sintetizar moléculas que ofrecen doble función protectora, tanto en el interior celular como en su entorno inmediato. Estos compuestos actúan como una armadura natural frente al estrés oxidativo, aportando un enfoque biotecnológico prometedor y sostenible.

¿Cómo se defiende *P. cruentum*?

Esta microalga roja cuenta con una defensa antioxidante de dos niveles:

En primera instancia, *P. cruentum* sintetiza pigmentos fotosintéticos como ficobiliproteínas (ficoeritrina) que actúan como antioxidantes intracelulares. Diversos estudios han demostrado que estas proteínas pueden neutralizar radicales libres de forma eficiente, se muestra de manera esquemática el proceso seguido para la obtención y evaluación de biomasa de *P. cruentum*. En primer lugar, se observa el crecimiento cinético de la microalga y la acumulación de biomasa rica en metabolitos de interés (Figura 3). Posteriormente, se realiza la extracción de compuestos mediante

ultrasonido asistido, técnica que consiste en la aplicación de ondas ultrasónicas que generan cavitación, lo cual rompe las paredes celulares y facilita la liberación de pigmentos y proteínas intracelulares como lo pueden ser la ficocianina, clorofila a, carotenoides, destacando la ficoeritrina.

Dentro de estas proteínas se encuentran las ficobiliproteínas, un grupo de proteínas hidrosolubles unidas a pigmentos ficobilinas, que actúan como antenas captadoras de luz en la fotosíntesis. Estas moléculas no solo poseen un intenso color rojo característico, sino que también presentan reconocidas propiedades antioxidantes y bioactivas.

Finalmente, en la figura 3 se ilustra las moléculas empleadas para la cuantificación de pigmentos y proteínas con actividad antioxidante, evaluada mediante métodos como el ensayo de inhibición del radical libre ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico (ABTS^{•+}), el ensayo de inhibición del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH[•]) y el método poder reductor antioxidante del ion férrico (FRAP), contribuyendo a reducir el daño oxidativo en lípidos y otras estructuras celulares (Liberti *et al.*, 2022).

En segunda instancia, la microalga secreta polisacáridos sulfatados extracelulares (EPS), que forman una capa viscosa alrededor de la célula (Figura 3). Esta barrera actúa como escudo antioxidante externo, atrapando radicales libres antes de que alcancen la membrana celular. Estudios han demostrado que estos EPS también disminuyen el estrés oxidativo en ensayos celulares y pueden influir positivamente en funciones inmunológicas sin generar toxicidad (Decara *et al.*, 2021).

Conclusión. Explorar el potencial antioxidante de *P. cruentum* nos abre la puerta a soluciones naturales y eficientes frente al daño celular y el envejecimiento oxidativo. Esta microalga roja, más allá de su singular color y resistencia, es una fábrica biológica de compuestos de gran valor biotecnológico. Desde nuestro laboratorio, buscamos entender qué condiciones favorecen su crecimiento y optimizan la producción de estos metabolitos. Con cada curva de cultivo,

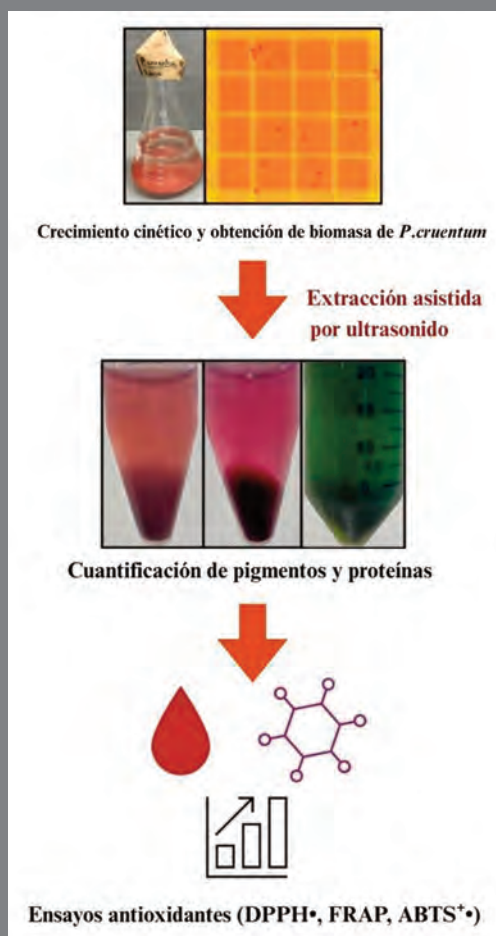


Figura 3. Esquema de la defensa antioxidante en *P. cruentum* basada en la acción intracelular de ficobiliproteínas y confirmada mediante los ensayos DPPH[•], FRAP y ABTS^{•+}, que evidencian su capacidad para neutralizar radicales libres. (Tomado y modificado de <https://doi.org/10.3390/metabo13030366>).

nos acercamos a diseñar estrategias más eficientes para escalar su aprovechamiento en fotobiorreactores, apostando por tecnologías limpias, sostenibles y con futuro.

Referencias

- Abdala-Díaz, R. T., Pérez-Ruzafa, I. M., Cereza-Mezquita, P., & Mendiola-Pastrana, I. R. (2014). Evaluación de la actividad antioxidante de polisacáridos producidos por *Porphyridium cruentum*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 197–206. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572014000200001>
- Arias-Durán, M., García-Ruiz, E., & Rodríguez-Romero, J. (2018). El papel de las microalgas en la biorremediación y producción de compuestos bioactivos. *Revista Bio Ciencias*, 5(2), 103–116. <https://doi.org/10.21829/abm123.2018.1253>
- Casas-Arrojo, V., Decara, J., Arrojo-Agudo, M. Á., Pérez-Manríquez, C., & Abdala-Díaz, R. T. (2021). Immunomodulatory, antioxidant activity

and cytotoxic effect of sulfated polysaccharides from *Porphyridium cruentum* (S.F. Gray) Nägeli. *Biomolecules*, 11(4), 488. <https://doi.org/10.3390/biom11040488>

López-Figueroa, F., & Rueda, A. (2006). Pigmentos fotosintéticos en microalgas: aspectos fisiológicos y metodológicos. *Estudios Oceanológicos*, 25, 81–94. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-04622006000200010>

López-Santín, J., Camacho, F. G., Cañizares, P., & Molina-Grima, E. (2021). Bioremediation of wastewater using microalgae: Challenges and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 786, 147451. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147451>

Safar, H., Haigh, V., Shapaval, V., Koh, H. L., & Grebenshchikov, N. (2022). Lipid and carotenoid production by *Porphyridium cruentum* under different light intensities. *Algal Research*, 64, 102705. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102705>

Su, Y., Yu, C., Li, Y., Chen, Y., Wang, Y., Lu, L., & Yuan, Z. (2023). Recovery and utilization of *Porphyridium cruentum* for integrated biorefinery: Lipid, protein, and exopolysaccharide valorization. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(3), 1205–1214. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05869>

Tounsi, L., Allagui, M. S., Zourgui, L., & Gargouri-Bouid, R. (2024). Enhanced growth and metabolite production from a novel strain of *Porphyridium cruentum* cultivated in optimized media. *Marine Drugs*, 22(1), 38. <https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2294160>

Velásquez Reyes, D. A., & Arévalo Díaz, A. D. (2014). Producción de microalgas en biorreactores para la obtención de antioxidantes naturales. *Proceedings of the 2014 LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (Paper RP278)*. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.

Vonshak, A., & Richmond, A. (1988). Mass production of the red alga *Porphyridium purpureum*: Physiological principles. *Hydrobiology*, 160(1), 127–132. <https://doi.org/10.1007/BF01742320>

Peña-Medina, R. L., Fimbres-Olivarria, D., Enríquez-Ocaña, L. F., Martínez-Córdova, L. R., Del-Toro-Sánchez, C. L., López-Elías, J. A., & González-Vega, R. I. (2023). Erythroprotective Potential of Phycobiliproteins Extracted from *Porphyridium cruentum*. *Metabolites*, 13(3), 366. <https://doi.org/10.3390/metabo13030366>

Li, C., Wu, H., Xiang, W., Wu, H., Wang, N., Wu, J., & Li, T. (2022). Morphology of *P. cruentum* CCLA-415. Comparison of production and fluorescence characteristics of phycoerythrin from three strains of *Porphyridium*. *Foods*, 11(14) <https://doi.org/10.3390/foods11142069>

iStock. Microalgas iStock. <https://www.istockphoto.com/es/fotos/microalgas>

Del suelo al follaje: la odisea de los Baculovirus

From Soil to Foliage: The Odyssey of the Baculoviruses

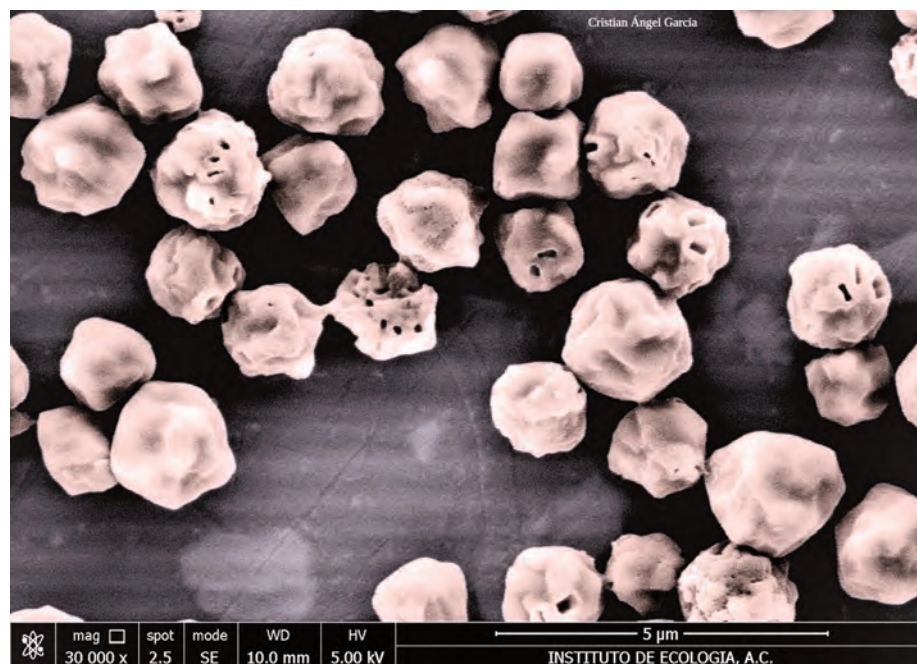
Cristian Ángel García¹ y Ana Mabel Martínez Castillo

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Contacto: ana.martinez@umich.mx

Resumen. Aunque invisibles a simple vista, los baculovirus, virus patógenos de insectos, son protagonistas de una historia fascinante que ocurre todos los días en los campos de cultivos agrícolas. Este artículo nos llevará a través de la odisea silenciosa de los baculovirus, desde su permanencia en el suelo hasta su ascenso al follaje de las plantas, donde esperan a ser ingeridos por larvas de algunos lepidópteros. Esta odisea ocurre gracias al aprovechamiento de factores como la lluvia, el viento o la intervención de otros insectos, lo cual culmina con una infección altamente eficiente dentro del cuerpo del insecto hospedero. Estos virus, especialistas de insectos, han evolucionado con una habilidad extraordinaria para sobrevivir durante meses o incluso años en el suelo, protegidos por una estructura proteica llamada cuerpo de inclusión, con la cual logran encontrar el momento perfecto para iniciar su ciclo de infección. Más allá de su curiosa naturaleza, estos virus representan una herramienta poderosa y ecológica para el control de plagas, ofreciendo una alternativa natural a los insecticidas químicos. Su especificidad, persistencia y compatibilidad con el ambiente los convierten en aliados clave para una agricultura más sostenible.

Abstract. Although invisible to the naked eye, baculoviruses, and insect-pathogenic viruses, are the protagonists of a fascinating story that plays out daily in agricultural fields. This article will take us through the silent odyssey of baculoviruses, from their permanence in the soil to their ascent to plant foliage, where they await ingestion by Lepidoptera larvae. This odyssey occurs thanks to the exploitation of factors such as rain, wind, or the intervention of other insects, which culminates in a highly efficient infection within the body of the host insect. These insect-specific viruses have evolved an extraordinary ability to survive for months or even years in the soil, protected by a protein structure called an inclusion body, which allows them to find the perfect moment to initiate their infection cycle. Beyond their unusual nature, these viruses represent a powerful and environmentally friendly tool for pest control, offering a natural alternative to chemical insecticides. Their specificity, persistence, and environmental compatibility make them key allies for more sustainable agriculture.



Introducción

A primera vista, los ecosistemas agrícolas pueden parecer paisajes tranquilos y ordenados; sin embargo, bajo esa aparente calma, ocurren miles de interacciones complejas que sostienen el equilibrio natural de los cultivos. Entre estas interacciones destaca la participación de los baculovirus: virus de ADN de doble cadena altamente que infectan únicamente a artrópodos siendo principalmente infectivos para insectos. Aunque su presencia suele pasar inadvertida, desempeñan un papel crucial como agentes de control biológico. Lo más notable de estos virus es su extraordinaria capacidad para persistir en el ambiente y recorrer un extenso trayecto, desde el suelo hasta las partes más altas de las plantas, con el fin de cumplir su función: llegar a su célula hospedera y replicarse de manera eficiente dentro de su núcleo, para que su progenie comience nuevamente su recorrido.

¿Qué son los baculovirus?

Los baculovirus son virus que pertenecen a la familia Baculoviridae. Este nombre es debido a la forma característica de sus viriones (estructura que contiene las unidades infectivas) en forma de bastón. Estos virus son altamente específicos con su hospedero y, debido a que sólo infectan insectos (Jehle et al., 2006), no representan ningún riesgo para los seres humanos, animales y plantas. Esta especificidad hacia su insecto hospedero, su poco impacto ambiental y su capacidad de persistencia en el ambiente, ha generado un gran interés para ser utilizados para controlar plagas agrícolas, ya que se consideran como una alternativa ecológica al uso de insecticidas químicos.

Figura 1. Fotografía tomada con un microscopio electrónico de barrido a 30,000 aumentos donde se aprecian cuerpos de inclusión maduros e inmaduros del Nucleopoliedrovirus Múltiple de *Spodoptera frugiperda*. Las cavidades que se observan en los cuerpos de inclusión son los espacios que pertenecen a las partículas virales: fuente propia (editada para mejorar la calidad de imagen) Fotografía original tomada por la Bióloga Greta Hanako Rosas Saito.

Una de las principales ventajas adaptativas de los baculovirus es su alta persistencia en el ambiente. Esta capacidad se debe a la presencia de su estructura protectora, conocida como **cuerpo de inclusión (CI)**. Este CI es de forma poliédrica y está formado por proteínas cristalinas que recubren y resguardan (como si fueran semillas en un fruto) a las partículas virales o viriones, permitiéndoles resistir condiciones ambientales adversas, como cambios en el pH del suelo y cambios en la humedad. A pesar de estos desafíos, los baculovirus han desarrollado mecanismos eficaces para moverse desde el suelo hasta las partes aéreas de las plantas, que es donde se alimenta su insecto hospedero (por ejemplo, una larva de un lepidóptero). Esta migración es crucial, ya que, para iniciar su ciclo de replicación, el virus debe ser ingerido por la larva al consumir el tejido vegetal contaminado con los CI (Ikeda et al., 2015).

El viaje de los baculovirus

El microcosmos del suelo representa un ecosistema donde se encuentra un sin fin de diversas formas de vida: insectos, nematodos, bacterias, hongos y, desde luego, los baculovirus. Los CI de estos virus se adhieren firmemente a las partículas de arcilla presentes en las capas superficiales de la tierra, donde pueden permanecer viables durante meses o inclusive años, siempre que el entorno sea adecuado. Para ello, el suelo debe mantener ciertas condiciones: un pH ligeramente ácido (entre 6 y 7), una proporción equilibrada de arcilla, buena humedad y un contenido significativo de materia orgánica. El suelo, en particular, cumple un papel fundamental, ya que protege a los baculovirus de la luz UV, uno de los factores más dañinos para su integridad. Sin embargo, el suelo sólo representa un lugar de refugio temporal de estos

patógenos, su actividad inicia cuando son ingeridos por sus insectos hospederos. Para ello, requieren estar en contacto en las partes aéreas de las plantas, en donde habitualmente se alimentan las larvas de los insectos. Es en este punto donde surgen preguntas interesantes acerca de las características ecológicas de los baculovirus: ¿cómo logran llegar a las hojas de las plantas? y ¿cómo permanecen viables sobre ellas?

donde pueden ser ingeridas por un hospedero susceptible.

• **Otros insectos:** Algunos depredadores naturales, como chinches o escarabajos, se alimentan de larvas infectadas por los baculovirus y liberan los cuerpos de inclusión a través de sus heces. Además, las propias larvas infectadas pueden excretar virus durante su desplazamiento, facilitando su dispersión.

Una vez que los CI entran en contacto con las hojas, quedan protegidos del sol por la sombra del follaje y la propia arquitectura de la planta. Este resguardo natural les permite conservar su viabilidad por más tiempo, sobre todo en las zonas de la planta donde los insectos se alimentan o se refugian, aumentando así las probabilidades de ser ingeridos e iniciar su ciclo infeccioso (Williams, 2018).

El momento de infectar ha llegado

Después de su viaje del suelo al follaje de las plantas, los baculovirus pueden dar inicio a su ciclo de infección. El cual en la naturaleza es conocido como *per os*, lo que significa literalmente “por la boca” o “vía oral” indicando que los CI tienen que ser ingeridos por la larva para que pueda dar inicio su replicación.

Cuando los CI son ingeridos por una larva de un lepidóptero, sucede algo similar a cuando un terrón de azúcar se disuelve en una taza de té caliente: dentro del intestino del insecto, el pH del tracto intestinal medio del insecto (que oscila entre 9 y 10) disuelve las proteínas que antes protegían a las partículas virales infectivas, conocidas como viriones. Éstos buscan las microvellosidades de las células del intestino y se adhieren a ellas. Luego, liberan su contenido interno, las nucleocápsides, que se desplazan dentro de las células hasta llegar al núcleo (por esta razón es que



Figura 2. Esquema representativo del movimiento de los cuerpos de inclusión por acción del viento y la lluvia, para llegar a las partes aéreas de las plantas donde se encuentra su insecto hospedero. Imagen generada con ayuda de una IA generativa y editada para mejorar su comprensión visual.

Para contestar a estas preguntas, existen tres principales mecanismos que usan estos audaces patógenos en la naturaleza:

• **La lluvia:** Las gotas de lluvia, al impactar el suelo, pueden provocar salpicaduras que levantan pequeñas partículas de lodo con CI, depositándolos sobre el follaje.

• **El viento:** En condiciones secas, el viento puede levantar polvo y partículas del suelo que contienen CI y éstos son transportados hasta las hojas,

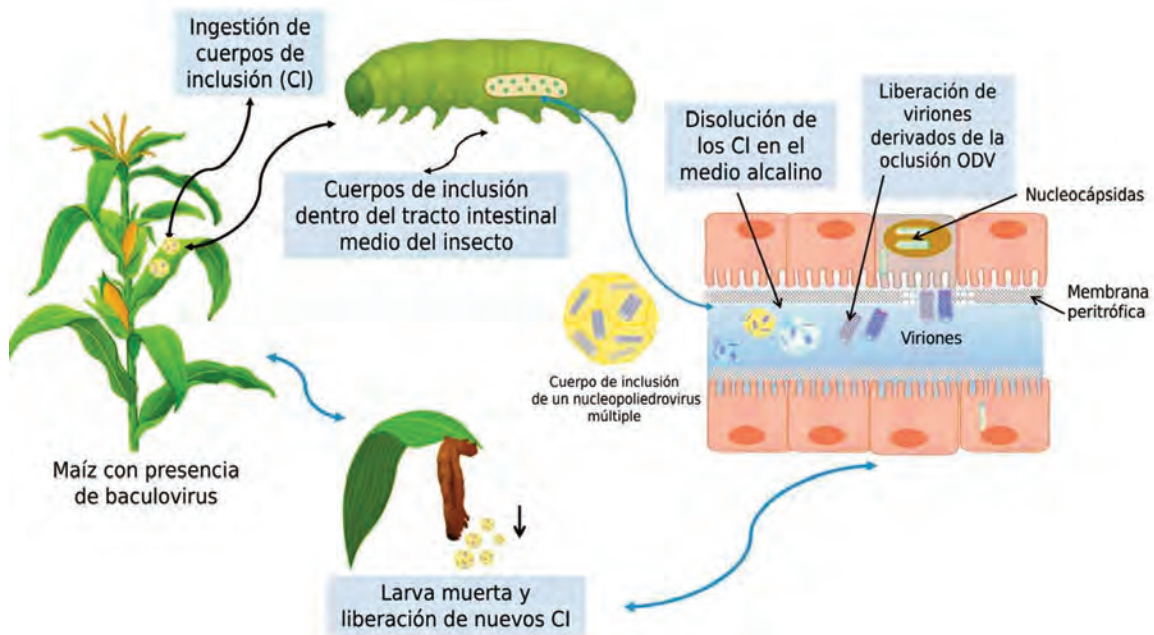


Figura 3. Ciclo general de infección de un baculovirus. Imagen original elaborada por el autor (BioRender + IA generativa)

son denominadas nucleocápsidas), ya que buscan llegar al núcleo de las células, que es su «centro de control celular» en donde ocurrirá la replicación del virus.

Una vez en el núcleo, el virus libera su material genético (ADN) y comienza a replicarse con ayuda de la maquinaria de replicación de la célula que la hospeda. En poco tiempo, la célula comienza a fabricar nuevos virus, que se multiplican y se expanden por todo el cuerpo de la larva, infectando sus tejidos y órganos. Finalmente, la larva muere y su cuerpo queda invadido de millones de nuevos CI. Mediante un mecanismo de expresión genética llamado gen de la copa del árbol (*tree-top disease* en inglés) el virus cambia el comportamiento de la larva antes de morir. Esta tratará de quedar colgada de las partes más altas de las plantas antes de morir. Este comportamiento es muy interesante y se conoce que está regulado por un gen conocido como *egt*, cuya expresión permite que, cuando la larva muere y se desintegre, se logre tener una mejor la liberación y dispersión de los millones de nuevos CI al ambiente (Gasque et al., 2019). Estos CI vuelven a depositarse nuevamente sobre las hojas o en el suelo, listos para comenzar su viaje para ser ingeridos por otra larva e iniciar un nuevo ciclo (Cory y Myers, 2003).

Debido a esta forma particular de permanecer en el medio ambiente y de

infectar a los insectos, los baculovirus son utilizados y estudiados como agentes de control biológico de los insectos plagas, lo que permite reducir la dependencia de insecticidas químicos. Su incorporación en programas de manejo integrado de plagas reduce el impacto de los insecticidas, preserva la biodiversidad de los agroecosistemas y mantiene la salud del suelo y del agua, elementos esenciales para la producción sostenible de alimento que responde también a los principios del enfoque «Una sola salud» (One Health), promovidos por la FAO, la OMS y otros organismos, donde la salud ambiental, animal y humana están interconectadas.

Conclusión

Los baculovirus son protagonistas de una historia poco contada: una historia de resistencia, movimiento y acción silenciosa sobre los insectos susceptibles. Este recorrido, no sólo es un fenómeno fascinante desde el punto de vista ecológico, sino también una muestra del ingenio de la naturaleza para autorregularse y mantener el equilibrio. Comprender su ecología, su persistencia en el ambiente, los mecanismos de dispersión y su especificidad hacia los insectos plaga como el gusano cogollero, otras plagas importantes del maíz y otros cultivos (ejemplo, el gusano elotero, el gusano del fruto del tomate, el gusano terciopelo de la soya, el gusano y el barrenador de la caña de azúcar, entre otros), es crucial

para generar una base científica y diseñar estrategias de control biológico más eficientes y respetuosas con el entorno. Por ello, el papel de estos virus se vuelve cada vez más relevante para una agricultura más sostenible. Esto nos recuerda que los organismos más pequeños como los virus tienen un papel enorme en la protección de los sistemas agrícolas.

Referencias

- Cory, J. S., & Myers, J. H. (2003). The ecology and evolution of insect baculoviruses. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 239–272. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132402>
- Gasque, S. N., van Oers, M. M., & Ros, V. I. D. (2019). Where the baculoviruses lead, the caterpillars follow: Baculovirus-induced alterations in caterpillar behaviour. *Current Opinion in Insect Science*, 33, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.02.008>
- Ikeda, M., Hamajima, R., & Kobayashi, M. (2015). *Baculoviruses: Diversity, evolution and manipulation of insects*. *Entomological Science*, 18(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/ens.12105>
- Jehle, J. A., Blissard, G. W., Bonning, B. C., Cory, J. S., Herniou, E. A., Rohrmann, G. F., Theilmann, D. A., Thiem, S. M., & Vlask, J. M. (2006). On the classification and nomenclature of baculoviruses: A proposal for revision. *Archives of Virology*, 151(7), 1257–1266. <https://doi.org/10.1007/s00705-006-0763-6>
- Williams, T. (2018). Viruses. In A. E. Hajek & D. I. Shapiro-Ilan (Eds.), *Ecology of Invertebrate Diseases* (pp. 215–285). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119256106.ch7>

De la escasez a la resistencia: las plantas “malnutridas” pueden defenderse mejor de algunos patógenos

From scarcity to resistance: “malnourished” plants can defend themselves better against some pathogens

Daniela García García, César Arturo Peña Uribe, Homero Reyes de la Cruz

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México

Contacto: homero.reyes@umich.mx

Nutrientes: la base de la vida y la defensa

Todos los organismos vivos requieren nutrientes para crecer y desarrollarse. Estos nutrientes nos proporcionan energía para movernos y los materiales necesarios para el crecimiento y el mantenimiento del cuerpo. Los seres humanos, por ejemplo, los obtenemos de alimentos de origen vegetal (frutas, verduras y cereales) y de origen animal (carne, pescado, huevo y leche), de los cuales se obtienen azúcares, grasas y proteínas.

Las plantas, por otro lado, absorben agua y nutrientes minerales (nitrógeno, fósforo, hierro, potasio, calcio y azufre) a través de las raíces y, mediante procesos como la fotosíntesis, producen los componentes necesarios para vivir. Sin embargo, los nutrientes también son esenciales para mantener en óptimas condiciones las defensas del organismo, ya que no estamos exentos de ataques de patógenos como virus, hongos y bacterias.

Los nutrientes se utilizan para fabricar moléculas que nos ayudan a combatirlos. Por lo tanto, la supervivencia de todos los seres vivos depende de una distribución coordinada de nutrientes, asignándolos entre el crecimiento y la defensa (Dutta *et al.*, 2024). Pero te has preguntado: ¿qué pasa cuando un ser vivo mal alimentado o “malnutrido” tiene que enfrentar una enfermedad?

Resumen. Los nutrientes son necesarios para todos los seres vivos, los utilizamos principalmente para crecer y desarrollarnos. Pero también son esenciales para mantener las defensas de un individuo en óptimas condiciones. La supervivencia de todos los seres vivos depende de cómo de distribuyen y destinan los nutrientes para el crecimiento o la defensa en el organismo. Por tal motivo, se podría pensar que un organismo mal alimentado o “malnutrido” es totalmente susceptible a una infección, ya que, al estar debilitado, carece de los nutrientes necesarios para activar sus defensas. No obstante, en el caso de las plantas, hay una compleja respuesta al estrés, coordinada por las fitohormonas: ácido salicílico (AS), ácido jasmónico (AJ) y etileno (ET), que regulan tanto la respuesta al estrés de tipo abiótico (como lo es la deficiencia de nutrientes), como biótico (infección por patógenos). Una planta mal alimentada o “malnutrida” tiene “encendidas” estas vías de defensa, lo que la mantiene en estado de alerta.

Palabras clave: deficiencia de nutrientes, defensa, diafonía.

Abstract. Nutrients are necessary for all living beings; we use them primarily for growth and development. But they are also essential for maintaining an individual's defenses in optimal condition. The survival of all living things depends on how nutrients are distributed and allocated for growth and defense within the organism. For this reason, one might think that a poorly fed or «malnourished» organism is highly susceptible to infection, since, being weakened, it lacks the necessary nutrients to create or activate its defenses. However, in plants, a complex stress response is coordinated by the phytohormones salicylic acid (SA), jasmonic acid (JA), and ethylene (ET), which regulate both abiotic stress responses (such as nutrient deficiency) and biotic stress responses (e.g., pathogen infection). A poorly fed or «malnourished» plant has these defense mechanisms «activated,» keeping it in a state of alert.

Keywords: nutrient deficiency, defense, crosstalk

La paradoja del sistema inmune

Lo primero que se nos podría ocurrir es que la defensa de este ser vivo puede estar debilitada, ya que los nutrientes necesarios para crear las defensas no están siendo suministrados de manera suficiente, pero ¿has escuchado alguna vez que las personas que viven en condiciones poco saludables e higiénicas se enferman menos o se adaptan mejor a las enfermedades que una persona que habita en ambientes saludables y con buena alimentación? (Stein *et al.*, 2016) Esto suena un poco contradictorio con la primera información que se presentó, pero se puede explicar porque el sistema inmunológico de esas personas siempre está en estado de alerta ante las condiciones cotidianas, lo que permite que responda de forma más eficiente.

Ahora, ¿esto podría aplicarse de la misma manera a otros organismos, como las plantas, que son el tema principal de este artículo?

El sorprendente sistema inmune de las plantas.

Como ya se mencionó, las plantas toman los nutrientes minerales que necesitan del suelo, sin embargo, en muchas ocasiones estos son escasos o simplemente no están disponibles. Es decir, se encuentran formando complejos con otras sustancias que los vuelven insolubles y no accesibles para las plantas, el ejemplo clásico de esto es el del fósforo, el cual forma complejos con el calcio (Fosfato dicálcico) en suelos alcalinos comunes en regiones áridas y semiáridas (Sharma *et al.*, 2013). Ahora bien, retomando nuestra

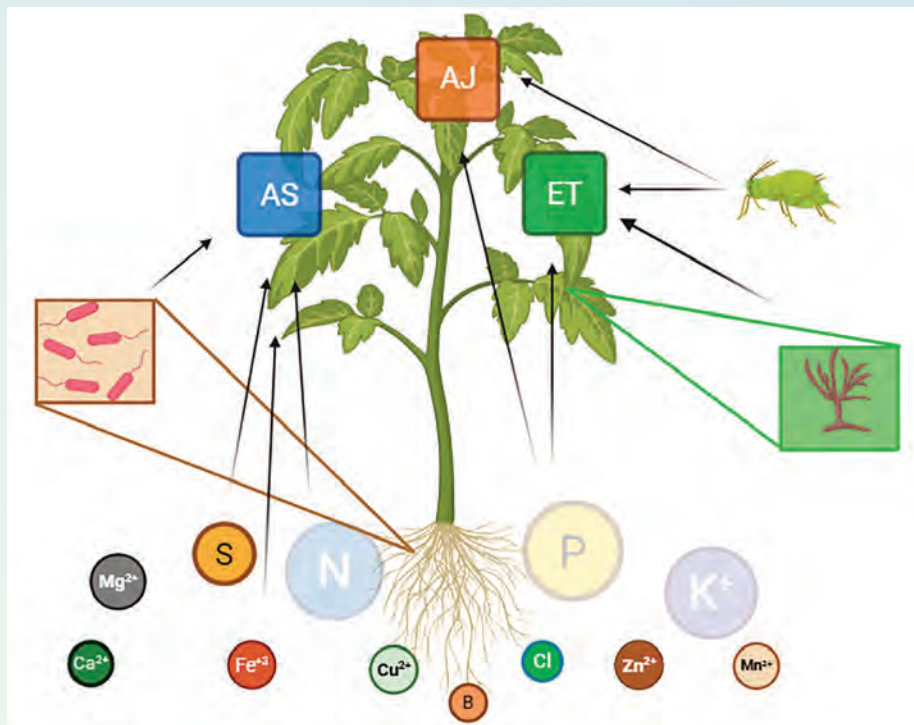


Figura 1. Esquemización de la respuesta de la planta frente al estrés por deficiencias de nutrientes, como el fósforo, el nitrógeno y el potasio (representados por colores más tenues) y al estrés ocasionado por patógenos, regulada por las fitohormonas AS, AJ y ET. Las flechas negras indican los dos tipos de estrés (biótico y abiótico) en los que inducen las diferentes fitohormonas. Los cuadrados indican un acercamiento a la zona de la planta señalada. Creado por biorender.

idea principal, ¿cómo es posible que una planta malnutrida responda de manera más eficaz al ataque de microorganismos patógenos? Pues bien, las plantas, al igual que nosotros, tienen un sistema inmune, que está coordinado por unas moléculas que llamamos fitohormonas. De ellas, podemos destacar al ácido jasmónico (AJ), al ácido salicílico (AS) y al etileno (ET); estas fitohormonas dirigen u “orquestan” un gran número de respuestas en la planta, tanto las que regulan el crecimiento y el desarrollo como las que regulan las respuestas al estrés, que pueden ser ocasionadas por deficiencias de nutrientes o por el ataque de patógenos (Figura 1).

Fitohormonas: del estrés nutricional a la resistencia contra patógenos.

Ante la deficiencia de algunos nutrientes (p. ej. Nitrógeno, fósforo, azufre y hierro) el ácido salicílico se induce para favorecer la absorción de nutrientes en deficiencia y participar en la regulación del estrés oxidativo causado por la formación de moléculas (especies reactivas de oxígeno) que pueden dañar potencialmente los

tejidos de las plantas (Khan *et al.*, 2015), por otro lado, se sabe que esa fitohormona también está involucrada en la respuesta al ataque por patógenos hemibiotróficos, es decir, aquellos que infectan y colonizan la planta sin matarla y que una vez hospedados empiezan a destruir los tejidos para alimentarse de ella, como la bacteria *Pseudomonas syringae* (Criollo-Artega *et al.*, 2021)

Otro ejemplo que resaltar es el de las fitohormonas etileno y ácido jasmónico, las cuales desempeñan un papel importante durante el estrés por deficiencia de fósforo, en el que ambas regulan el acortamiento de la raíz principal de la planta, así como la formación de unas estructuras celulares llamadas pelos radiculares, y el alargamiento de raíces laterales, todo esto le permite a la planta buscar el nutriente en capas más superficiales del suelo (Niu *et al.*, 2012). Por otro lado, ambas fitohormonas son fundamentales para que la planta responda mejor al ataque de patógenos necrotróficos como el hongo que causa la enfermedad del moho gris (*Botrytis cinerea*), este tipo de patógenos

infectan la planta y provocan necrosis (un tipo de muerte celular) para alimentarse de la materia muerta (Ingle *et al.*, 2015). Además, existen estudios donde se reporta que una planta en deficiencia de fósforo mejora la respuesta ante el ataque de insectos (herbivoría), ya que dicha deficiencia induce la fitohormona AJ, clave en la respuesta al ataque de herbívoros (Khan *et al.*, 2016).

Entonces, si en una planta que está malnutrida se activa la señalización de las hormonas como la del AS, del AJ o del ET que contrarrestan el estrés causado por deficiencia de nutrientes, no suena descabellado que, si la planta es atacada al mismo tiempo por un patógeno, esta pueda responder de manera rápida y eficiente. Lo anterior se debe a que estas fitohormonas están involucradas en la defensa contra los patógenos.

Este proceso dependerá del nutriente limitante en la planta y del patógeno que la infecta, pero, contrario a lo que pudiéramos pensar, una planta malnutrida sí puede defenderse. Claro que no siempre es así, en muchas otras situaciones la deficiencia de nutrientes predispone totalmente a la planta al ataque por patógenos o, en caso contrario, la suficiencia de nutrientes vuelve propensa a que la planta sea atacada por patógenos (Datnoff *et al.*, 2007). Sin embargo, existe evidencia en la literatura científica de que estas plantas malnutridas responden de mejor manera que una planta sana, al ya tener estas vías de defensa encendidas, manteniendo la planta en un estado de “alerta”.

Reflexiones finales

Es muy interesante cómo, a lo largo de la evolución, las plantas han desarrollado mecanismos tan sofisticados que les permiten tener una mayor probabilidad de supervivencia, ya que su naturaleza sésil (fijas al suelo) les confiere ciertas desventajas, al no poder escapar de situaciones adversas como la deficiencia de nutrientes y el ataque de patógenos. Así que ya lo saben, no subestimen a una planta por no poder moverse, puesto que esta es capaz de adaptarse con gran rapidez al

entorno en el que se encuentra anclada, ya que las mismas moléculas (fitohormonas) que ayudan a sobrellevar una condición de estrés pueden combatir otra condición estresante totalmente diferente y, de esta manera, responder mejor a la siguiente.

Referencias

Calabrese, EJ, Mattson, MP ¿Cómo influye la hormesis en la biología, la toxicología y la medicina? *npj Aging Mech Dis* 3, 13 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41514-017-0013-z>
 Criollo-Arteaga, S., Moya-Jimenez, S., Jimenez-Meza, M., Gonzalez-Vera, V., Gordon-Nunez, J., Llerena-Llerena, S., Ramirez-Villacis, DX, van 't Hof, P., & Leon-Reyes, A. (2021). La privación de azufre modula las respuestas al ácido salicílico a través del gen 1 relacionado con la patogénesis que no expresa el gen 1 en *Arabidopsis thaliana*. *Plants*, 10 (6), 1065. <https://doi.org/10.3390/plants10061065>
 Lipa, JJ (2008). Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM

(Eds.). 2007. Nutrición mineral y enfermedades de las plantas. APS Press – The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, EE. UU. 278 pp. ISBN 978-0-89054-346-7. *Journal of Plant Protection Research*, 48 (1), 106.
 Dutta, A., Dracatos, PM, & Khan, GA (2024). Equilibrio: La relación dinámica entre la disponibilidad de nutrientes y la defensa de las plantas. *The Plant journal: for cell and molecular biology*, 120 (5), 1724–1734. <https://doi.org/10.1111/tpj.17098>
 Ingle, RA, Stoker, C., Stone, W., Adams, N., Smith, R., Grant, M., Carré, I., Roden, LC y Denby, KJ (2015). La señalización de jasmonato impulsa las diferencias horarias en la susceptibilidad de *Arabidopsis* al patógeno fúngico *Botrytis cinerea*. *The Plant journal: for cell and molecular biology*, 84 (5), 937–948. <https://doi.org/10.1111/tpj.13050>
 Khan MI, Fatma M, Per TS, Anjum NA, Khan NA. Tolerancia al estrés abiótico inducida por ácido salicílico y mecanismos subyacentes en plantas. *Front Plant Sci*. 30 de junio de 2015;6:462. doi: 10.3389/fpls.2015.00462. PMID: 26175738; PMCID: PMC4485163.
 Khan, GA, Vogiatzaki, E., Glauser, G., & Poirier, Y. (2016). La deficiencia de fósforo induce la vía del jasmonato y aumenta la resistencia a la herbivoría por insectos. *Plant physiology*, 171 (1), 632–644. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00278>
 Niu, YF, Chai, RS, Jin, GL, Wang, H., Tang, CX, &

Zhang, YS (2013). Respuestas del desarrollo de la arquitectura radicular a la baja disponibilidad de fósforo: una revisión. *Annals of Botanical*, 112 (2), 391–408. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs285>
 Pandey, P., Patil, M., Priya, P., & Senthil-Kumar, M. (2024). Cuando dos negativos hacen un positivo: el impacto favorable de la combinación de estrés abiótico e infección por patógenos en las plantas. *Journal of experimental botany*, 75 (3), 674–688. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad413>
 Sharma, SB, Sayyed, RZ, Trivedi, MH y Gobi, TA (2013). Microorganismos solubilizadores de fosfato: un enfoque sostenible para el manejo de la deficiencia de fósforo en suelos agrícolas. *SpringerPlus*, 2, 587. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
 Thakur, PP, Jadhav, PV, Dasgupta, D., Mote, G., Bhagat, R., Kale, PB, Mane, SS, Kharche, V., Deshmukh, R., Sonah, H., & Dani, RG (2025). Adquisición de nutrientes minerales bajo estrés: detección, señalización y transporte. *Plant science: an international journal of experimental plant biology*, 360, 112702. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2025.112702>
 Zarattini, M., Farjad, M., Launay, A., Cannella, D., Soulié, MC, Bernacchia, G., & Fagard, M. (2021). No hay mal que por bien no venga: cómo los estreses abióticos afectan la expresión génica en las interacciones planta-patógeno. *Journal of experimental botany*, 72 (4), 1020–1033. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa531>

• Enviado: febrero 01, 2026 • Aceptado: mayo 18, 2026

¡Por las vendas de Tutankamón! La maldición de un enemigo invisible: Hongos, esporas y ciencia antes que el mito

By Tutankhamun's bandages!
The curse of the invisible enemy: Fungi, spores and science over myth

Zaira Mora Mora

Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Química Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: 2026096g@umich.mx

Resumen. Hace poco más de un siglo, en 1922, cuando en Egipto se descubrió y abrió la tumba del joven faraón Tutankamón, se conocía poco sobre los peligros para la salud de entrar en espacios cerrados y antiguos sin protección, como mascarillas, filtros o análisis del suelo y del aire, entre otras medidas de seguridad. La posterior muerte de algunos de los involucrados dio origen a la famosa “Maldición de Tutankamón”, asociada a quienes se atrevieron a profanar su tumba. Más allá de las explicaciones sobrenaturales, este artículo explora, desde un contexto científico, otro posible enemigo invisible responsable del mito: las esporas fúngicas, una sorprendente y muy paciente estrategia reproductiva de los hongos, capaces de esperar “dormidas” más de 3,000 años hasta encontrar las condiciones adecuadas para crecer.

Palabras clave: Esporas fúngicas, reproducción de hongos, microbiología arqueológica.

Abstract. Just over a century ago, in 1922, when the tomb of the young Pharaoh Tutankhamun was discovered and first opened in Egypt, little was known about the health risks of entering ancient, enclosed spaces without protective measures, such as masks, filters, or air and soil analysis. The subsequent deaths of some of those involved gave rise to the famous “Curse of Tutankhamun,” a legend associated with those who dared to disturb his tomb. Beyond supernatural explanations, this article explores, from a scientific perspective, another possible invisible enemy behind the myth: fungal spores, a remarkably patient reproductive strategy of fungi capable of remaining “dormant” for more than 3,000 years until suitable conditions arise.

Keywords: Fungal spores, fungal reproduction, archaeological microbiology.

Un misterio más allá de la maldición

En el corazón de la milenaria historia egipcia yace un misterio que sigue desconcertando a científicos y arqueólogos desde hace décadas: *la tumba del joven faraón Tutankamón*. A medida que sus cámaras ocultas fueron exploradas, no solo se encontraron tesoros y reliquias de un antiguo imperio, sino también pistas intrigantes sobre una «maldición» asociada a su legado.

La muerte extenderá sus alas sobre todo aquel que se atreva a entrar en la tumba sellada de un faraón. Esta es la conocida “Maldición de los faraones”, popularizada por la novelista británica del género gótico Marie Corelli (1855-1924), quien afirmó haberla tomado de un supuesto documento árabe antiguo. Sus afirmaciones cobraron interés tras la muerte, en 1923, de George Herbert,



Figura 1. La maldición del enemigo invisible: Hongos, esporas y ciencia detrás del mito. Creada con inteligencia artificial (ChatGPT 5.2).

conde de Carnarvon, mejor conocido como Lord Carnarvon, patrocinador de las excavaciones arqueológicas, quien falleció en circunstancias poco comunes unos meses después de presenciar la apertura del sarcófago del joven faraón. Este suceso dio origen a la leyenda conocida como “la maldición de Tutankamón”, ampliamente difundida por la prensa británica, que la vinculó con la muerte de varios de los descubridores que osaron perturbar el descanso y los tesoros del llamado faraón niño.

Las taquilleras adaptaciones cinematográficas nos dejaron muy en claro que uno no debe abrir, leer, desempolvar ni mover ningún artilugio antiguo, por simple sentido común.

Aun así, en lugar de examinar este enigma desde la perspectiva de las antiguas maldiciones, exploremos otra posibilidad igual de sorprendente proporcionada por la ciencia, en la que el enemigo invisible, en lugar del espíritu enfadado de un antiguo gobernante, podría haber sido algo mucho más terrenal y biológico: *los hongos y su asombrosa estrategia de reproducción mediante esporas*.

Si no pueden moverse, ¿cómo se reproducen los hongos?

Los hongos no son plantas ni animales. A diferencia de muchos organismos, no pueden desplazarse y tampoco cuentan con estructuras como flores o polen para facilitar su reproducción. Sin embargo, han resuelto este desafío de manera

extraordinaria: mediante la producción de esporas.

Las esporas no son semillas, aunque podemos imaginarlas como diminutas “semillas” muy ligeras de los hongos. Son tan pequeñas que pueden flotar en el aire, como si fueran partículas de polvo. Al alcanzar la madurez, los hongos las liberan desde estructuras especializadas y, una vez en el ambiente, el viento puede transportarlas a grandes distancias hasta que encuentran un lugar adecuado donde desarrollarse. Esta estrategia, sencilla y eficaz, les permite reproducirse sin necesidad de desplazarse.

Aunque no siempre son visibles a simple vista, los hongos son organismos fascinantes que desempeñan funciones esenciales y positivas en los ecosistemas.



Figura 2. Dedos del Diablo (*Clathrus archeri*, nombre científico): (A) fase inicial en forma de “huevo”; (B) apertura del cuerpo fructífero encargado de producir y liberar esporas; (C) fase madura con estructuras en forma de dedos. Imágenes tomadas de: (A) Holger Krisp, CC BY 3.0 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tintenfischpilz_Clathrus_archeri_egg-.jpg); (B) Bernard Spragg, dominio público ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Octopus_Fungi_\(51753276876\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Octopus_Fungi_(51753276876).jpg)), ambas vía Wikimedia Commons; (C) La Casa de las setas Blog (<https://lacasadelasetas.com/blog/clathrus-archeri-el-intrigante-hongo-de-los-tentaculos-rojos/>).

Participan en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes, procesos fundamentales para el equilibrio de la vida en la Tierra. Además, su aprovechamiento ha permitido grandes aportaciones biotecnológicas a la humanidad, como el desarrollo de algunos fármacos. Sin embargo, en el caso de la tumba de Tutankamón, estos organismos microscópicos pudieron haber desempeñado un papel muy distinto: el de los “villanos” de la historia.

Esporas dormidas entre vendas y reliquias

El microbiólogo español Raúl Rivas, especialista en microbiología y divulgador científico contemporáneo, presentó en su libro titulado “*La maldición de Tutankamón y otras historias de microbiología*” diversas investigaciones que reportan la presencia de esporas de varias especies de hongos del género *Aspergillus* tanto en momias como en reliquias. Estos estudios apoyan la posibilidad de que, al abrir la tumba, una gran cantidad de esporas latentes, presentes durante siglos en la cámara funeraria y en el sarcófago, fueran inhaladas por quienes participaron en la excavación, lo que pudo provocar problemas respiratorios graves, como se ha sugerido en el caso del fallecimiento de Lord Carnarvon.

Este estado de latencia es un mecanismo de supervivencia frente a condiciones ambientales adversas que permite a las esporas permanecer en inactividad biológica durante largos



Figura 3. Seta de Tinta (*Coprinus comatus*, nombre científico): (A) fase inicial, con el sombrero aún cerrado y con inicio de deliuescencia en los bordes; (B) fase de deliuescencia avanzada, en la que el hongo se autodigiere y sus tejidos se transforman en una sustancia negra y líquida, liberando las esporas. Imágenes: (A) PatriciaVN, CC BY-SA 4.0 (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Coprinus_comatus_-_Inktzwam.jpg), vía Wikimedia Commons (B) Museo de la Ciencia de Valladolid (<https://www.museociencia-valladolid.es/la-barbuda-una-seta-liquida/>)

periodos, como si estuvieran “dormidas”, hasta que las condiciones mejoren y puedan iniciar su ciclo de crecimiento.

En este contexto, la hipótesis de una posible infección por hongos debido a la inhalación de esporas no resulta descabellada. Estos hongos participan en la biodegradación de restos biológicos y, como explica el microbiólogo Rivas, sus esporas pudieron haber permanecido latentes durante miles de años, iniciando su desarrollo cuando cambiaron las condiciones del entorno. En este sentido, durante el proceso de momificación se utilizaron vendas y aceites, proporcionando un ambiente con materia orgánica y humedad favorables para su desarrollo. Las esporas fúngicas podrían haber colonizado las vendas y, posteriormente, liberado nuevas esporas al aire, creando una posible amenaza para cualquier persona expuesta a ellas. Sin embargo, al sellarse la tumba, la materia orgánica disponible se agotó y las condiciones ambientales dejaron de ser favorables, lo que limitó su desarrollo y mantuvo las esporas en estado de latencia.

Imaginemos a estas esporas como miles de microscópicos “astronautas” lanzándose al espacio aéreo de la tumba, a la espera de encontrar nuevos mundos que colonizar, un fenómeno tan asombroso como potencialmente peligroso para el ser humano.

¡Dormidas por miles y miles de años!

Producir esporas con la capacidad de no morir, sino de permanecer

latentes hasta que las condiciones de humedad, nutrientes y temperatura sean adecuadas, es algo increíble. Y este es solo uno de los muchos ejemplos de cómo los hongos han evolucionado estrategias únicas, diversas y, a menudo, sorprendentes para asegurar la supervivencia de su especie incluso en los entornos más difíciles.

En la naturaleza encontramos otros peculiares tipos de hongos dignos, de un “Oscar” por sus sorprendentes mecanismos de dispersión de esporas. Conozcamos algunos de los ejemplos más llamativos de la creatividad fúngica.

Dedos del Diablo o Estrella fétida (nombre científico: *Clathrus archeri*): Este hongo presenta una apariencia tan inusual como inquietante. Primero surge como una esfera blanquecina,



Figura 4. Puffballs (*Lycoperdon perlatum*, nombre científico). (A) cuerpo fructífero en estado inmaduro, con forma de pera invertida; (B) fase madura y expulsión de esporas a través del ostiolo al ser presionado. Imágenes: (A) Pawel Ryszawa, CC BY 3.0 vía Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lycoperdon_perlatum_-_Bialowieza.jpg); (B) La Casa de las Setas Blog (<https://lacasadelas-setas.com/blog/pedo-de-lobo-conociendo-el-lycoperdon-perlatum/>).

similar a un “huevo”, que, al madurar, se abre y despliega una estructura roja con forma de estrella, semejante a una mano con dedos espeluznantes, cubiertos de mucosidad, acompañada de un olor desagradable.

Seta de Tinta (nombre científico: *Coprinus comatus*): Este hongo es un verdadero mártir; su estrategia reproductiva es tan sorprendente como radical.

A medida que madura, su estructura en forma de sombrero (cuerpo fructífero llamado basidiocarpo) se abre, como si se abriera una sombrilla, y comienza a transformarse. Sus tejidos se degradan progresivamente hasta volverse negros y líquidos, semejantes a una tinta que gotea, en un proceso llamado deliuescencia, mediante el cual el hongo se autodigiere. En el interior del sombrero, el tejido especializado llamado himenio produce las esporas, que se liberan conforme el sombrero se descompone. De esta manera, las esporas se dispersan hacia el entorno, principalmente por el viento. Esto es un proceso poco común, como si se tratara de un “sacrificio” final en favor de la supervivencia de la especie, un “truco” tan singular como irrepetible, que solo puede ocurrir una vez.

Puffballs o Peto de lobo (nombre científico: *Lycoperdon perlatum*): Los Puffballs ofrecen un espectáculo impresionante digno de cuento de hadas... más o menos.

Estos hongos pueden parecer pequeñas estructuras inofensivas,

similares a una diminuta pera invertida, que albergan en su interior millones de esporas, semejantes a polvo. A medida que maduran, desarrollan una abertura llamada ostiolo en la parte superior de su cuerpo fructífero.

Cuando algo los perturba —una gota de lluvia, una pisada o una ráfaga de viento— liberan súbitamente una nube de esporas al ambiente, como un diminuto cañón de confeti natural que dispersa un “polvo mágico”, lo que ayuda a entender su peculiar nombre de “pedo de lobo”. A diferencia de la seta de tinta, esta liberación no es un evento único; puede repetirse varias veces, lo que permite que el hongo aproveche cada interacción con el entorno para dispersar sus esporas y colonizar nuevos espacios. Cuando varios de estos hongos crecen juntos, la zona puede convertirse en una especie de “campo minado”.

Conclusión

Desde las oscuras esquinas de la historia antigua hasta el corazón de la ciencia moderna, los hongos y sus esporas nos recuerdan que las respuestas a los enigmas a menudo yacen en los procesos naturales que nos rodean. Aunque no se ha podido afirmar con total certeza que los hongos jugaron un papel en la historia de Tutankamón, es emocionante considerar cómo su forma única de reproducción podría haber sido un componente inesperado en la misteriosa narrativa de la tumba del joven faraón. La maldición de un enemigo invisible: no sobrenatural, pero igualmente asombroso por su complejidad biológica.

Referencias

- Mayans, C. (2022). “Los hongos podrían estar detrás de la maldición de Tutankamón”. National Geographic. Disponible en: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/hongos-podrian-estar-detras-maldicion-tutankamon_14383
- Rivas, R. (2022). “La maldición de Tutankamón y otras historias de la Microbiología”. Guadalmazán. ISBN: 9788417547097. Disponible parcialmente en: <https://books.google.com.mx/books?id=IhWeDwAAQBAJ>

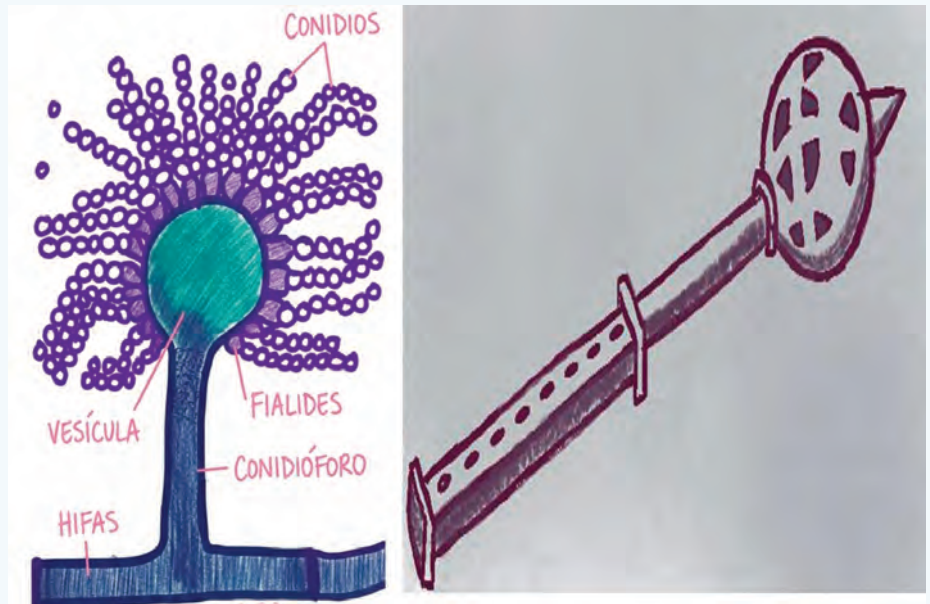


Figura 1. Morfología al microscopio de *Aspergillus*. Estructuras de *Aspergillus* y “aspergillum”, el instrumento que esparce agua bendita. Elaboración propia con Procreate para iOS.

Aspergillus, un hongo con doble personalidad: ingeniero oculto y saboteador silencioso

Aspergillus, a fungus with a dual personality: hidden engineer and silent saboteur

Josué Altamirano Hernández, Víctor Meza Carmen,
Irina Vanessa García Domínguez

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Morelia, Michoacán, México.
Contacto: 1837874h@umich.mx

Resumen. “Solo porque soy malo no quiere decir que todo lo que hago es malo”... Es una frase que hemos escuchado decir a los villanos de las películas, pero eso también lo podría decir un organismo que ha sido señalado, principalmente por causar enfermedades, dañar cultivos y producir toxinas. Sin embargo, ese mismo organismo es un productor de enzimas y compuestos de valor industrial. Un organismo de una morfología inconfundible llena de filamentos, cabezas en forma de globos y melenas despeinadas, ¿saben a quién me refiero? ¡Exacto! ¡*Aspergillus*!

Palabras clave: *Aspergillus*, toxinas, enzimas, biotecnología

Abstract. “Just because I am bad it doesn’t mean that everything I do is bad”... That phrase has been said by a lot of movies villains, but is also something that someone who’s been misjudged could say, mostly for causing sickness, damaged crops and toxins production. Nevertheless, that organism can produce enzymes and compounds with industrial value. This organism has a distinct morphology full of filaments, balloon-shaped heads and messy hair-like structures. Do you know who I am talking about? That’s right! It is *Aspergillus*!

Key words: *Aspergillus*, toxins, enzymes, biotechnology

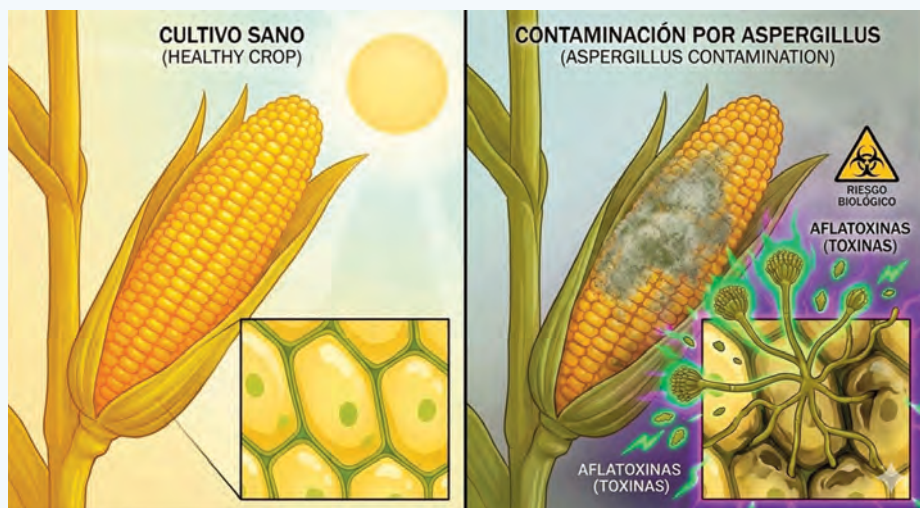


Figura 2. *Aspergillus* el saboteador silencioso. Diferencia entre un cultivo sano y un cultivo contaminado con *Aspergillus* y sus aflatoxinas. Elaborado con Gemini, inteligencia artificial.

Un nombre peculiar con una historia microscópica

El género *Aspergillus* es, para muchos, un nombre poco familiar. Sin embargo, detrás de esta palabra de origen latino se encuentra un grupo de hongos microscópicos con una historia científica fascinante y de gran relevancia para la salud humana y el ambiente. Pero ¿quién le dio ese nombre y por qué? En 1729 un científico botánico italiano de nombre Antonio Micheli, viajó por distintos lugares de Europa con la misión de buscar distintas especies de plantas y hongos (Cruz-Choappa, 2023). Micheli describió por primera vez alrededor de 1400 plantas y más de 800 hongos, y toda esta información la plasmó en un documento llamado *Nova Plantarum Genera*.

En su publicación Micheli habló acerca de especies de hongos de importancia en la salud humana como *Aspergillus*. En fin, Micheli descubrió y describió a *Aspergillus* y resulta que cuando lo vio al microscopio, un instrumento que permite aumentar el tamaño de las cosas, logró ver su forma en niveles que a simple vista no se lograban observar y se dio cuenta que tenía ciertas estructuras parecidas a filamentos y otras que se le hicieron semejantes a algo que ya había visto antes y con lo que estaba familiarizado, un aspergillum, instrumento con el cual se esparce el agua bendita en la religión católica que tiene una cabeza en forma de globo (Micheli, 1729). En aquel momento algo más llamó su atención, alrededor de la cabeza en forma de globo y en disposición radial se encontraban otras estructuras pequeñas y esféricas que hoy

en día se conocen como conidios: (véase la Fig. 1).

Un habitante casi omnipresente

En la actualidad, se conoce que *Aspergillus* es una familia extensa de hongos y de las más abundantes en el mundo con más de 400 especies. Los *Aspergillus* son hongos que crecen casi en cualquier lugar y en cualquier ambiente, ¡Sí! En donde sea. Estos hongos pueden encontrarse en ambientes tan distintos como suelos, aire, agua, cultivos agrícolas, materiales de construcción, textiles e incluso dentro de plantas y animales.

Gracias a esta versatilidad, *Aspergillus* puede comportarse como un organismo saprófito (descomponedor), endófito (viviendo dentro de plantas sin causar daño) o patógeno, lo que ha contribuido

a su mala reputación. De hecho, algunos de sus representantes son conocidos como verdaderos “saboteadores silenciosos”.

El lado oscuro: toxinas y enfermedades

Algunas especies de *Aspergillus* producen aflatoxinas, un grupo de micotoxinas altamente peligrosas que pueden contaminar alimentos como el maíz y otros cereales, especialmente cuando se almacenan en condiciones de alta humedad y temperatura. Entre ellas, las aflatoxinas más relevantes se conocen como: B1, B2, G1 y G2 (Caceres *et al.*, 2020), siendo la B1 la más tóxica y carcinogénica, asociada con daños hepáticos y cáncer (véase la Fig. 2).

Además, ciertas especies pueden causar enfermedades conocidas como aspergilosis (Bejar *et al.*, 2019). Es importante resaltar que *Aspergillus* no enferma a diestra y siniestra, normalmente las esporas de los patógenos que inhalamos todos los días los humanos o en general los mamíferos se eliminan por algunas células del sistema inmune (dichas células reconocen lo propio de lo extraño). Esto no pasa en individuos con el sistema inmune debilitado, en ese caso *Aspergillus* encuentra su oportunidad y provoca enfermedad.

Un caso muy conocido de este hongo es el de “la maldición de Tutankamón” (Parra, 2025), la leyenda cuenta que los excavadores de esa expedición después de abrir la tumba del faraón del antiguo Egipto fallecieron extrañamente un tiempo después y se creía que era una



Figura 3. Las enzimas: máquinas que transforman. La enzima amilasa transformando el sustrato en productos. Elaboración propia con Procreate para iOS.

maldición por haber perturbado la tumba. Décadas después, los científicos entraron en la tumba de Casimiro IV en Polonia y la historia se repitió, pero esta vez los científicos hicieron investigaciones con las que revelaron que las tumbas en su interior contenían esporas de *Aspergillus flavus*, el culpable invisible de la muerte de los excavadores.

El ingeniero oculto: biotecnología en acción

Aspergillus no solo tiene una faceta peligrosa, también es un ingeniero bioquímico extraordinario. Un científico curioso descubrió algo interesante cuando cultivó una especie de *Aspergillus niger* en un medio rico en azúcar, resulta que en este cultivo se produjo un ácido orgánico en grandes cantidades, el ácido cítrico. El ácido cítrico es una molécula que se utiliza en la industria de los alimentos para su preservación. Además de los ácidos orgánicos, estos hongos tienen la capacidad de producir una gran cantidad de enzimas extracelulares que en la actualidad se utilizan para llevar a cabo la degradación de polímeros naturales como el almidón o la celulosa, permitiendo su conversión en azúcares más simples e intermediarios que constituyen la base de múltiples aplicaciones industriales, entre ellas la producción de biocombustibles y enzimas comerciales.

Los azúcares simples que se liberan actúan como sustratos fermentables o precursores en rutas metabólicas que conducen a la síntesis de estos compuestos de alto valor económico. Se estima que más de 50 especies del género participan en la producción de ácidos orgánicos y un número similar se emplea en la obtención de enzimas comerciales, como amilasas, lacasas y celulasas. Lo que para el hongo es una estrategia de supervivencia, para la biotecnología se convierte en una herramienta de producción eficiente y sostenible (Naili *et al.*, 2016; Pócsi *et al.*, 2024) (véase la Fig. 3).

Aliados contra la contaminación

La eficacia de estos microorganismos se debe a que son tolerantes a condiciones extremas de temperatura, humedad y estrés. Por eso mismo sus enzimas son exitosas en las diversas áreas industriales. Al ser organismos que degradan la materia orgánica e inorgánica, los podemos usar para

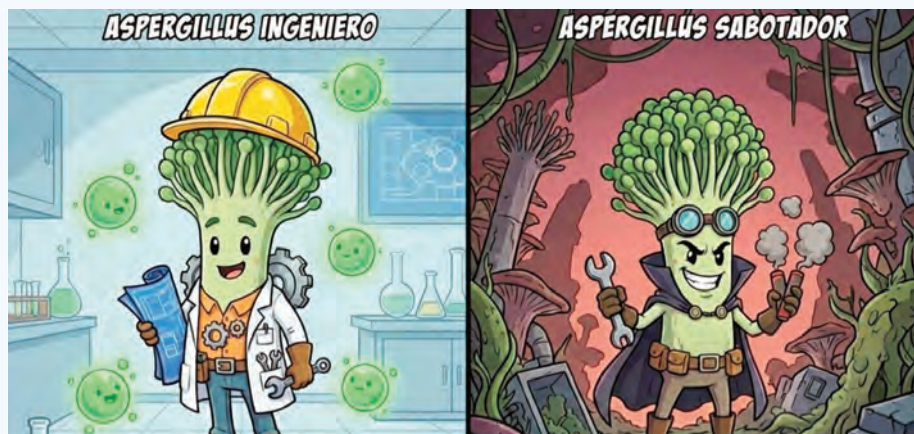


Figura 3. Las enzimas: máquinas que transforman. La enzima amilasa transformando el sustrato en productos. Elaboración propia con Procreate para iOS.

resolver un problema que es preocupante, la contaminación de los suelos y mantos acuíferos, con productos que nosotros los humanos desechamos, lo que se conoce como biorremediación. Por ejemplo, las enzimas lacasas producidas por estos hongos pueden ayudar a degradar fármacos como el paracetamol presentes en cuerpos de agua, reduciendo su impacto ambiental.

Ni héroe ni villano: una herramienta poderosa

La historia de la ciencia nos recuerda que muchos avances han surgido de organismos inesperados, por ejemplo, Alexander Fleming descubrió por accidente que *Penicillium* produce un antibiótico, la penicilina. De la misma manera *Aspergillus* continúa aportando compuestos con actividades antimicrobianas, antioxidantes y aplicaciones industriales. Obtener estos productos no es tan complicado como podría imaginarse. Mediante procesos de fermentación microbiana, los hongos crecen, se alimentan y liberan enzimas y metabolitos al medio, los cuales pueden ser aprovechados por el ser humano.

Una doble personalidad que debemos aprender a manejar

Aspergillus perfectamente encaja en la frase “solo porque soy malo no quiere decir que todo lo que hago es malo” (véase la Fig. 4). Puede ser un saboteador silencioso cuando encuentra las condiciones adecuadas para producir toxinas o causar enfermedad, pero también es un ingeniero oculto que impulsa procesos biotecnológicos esenciales para nuestra vida diaria. Al final, *Aspergillus* no es bueno ni malo por

naturaleza. Es una herramienta poderosa. Todo depende de cómo lo entendamos y utilicemos.

Referencias.

- Abdel-Azeem, A.M., Abdel-Azeem, M.A., Abdul-Hadi, S.Y., Darwish, A.G. (2019). *Aspergillus*: biodiversity, ecological significances, and industrial applications recent advancement in white biotechnology through fungi. En *Fungal Biology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10480-1_4
- Béjar, V., Villanueva, F., León, F., Guevara-Granados, J.M., Uribe, A., Vergaray, G., Cuadra, A., y Sabogal, I. (2019). Identificación molecular de *Aspergillus fumigatus* aislados de pacientes con aspergilosis invasiva. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 36(1), 81-86. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2019.361.3403>
- Caceres, I., Al-Khoury, A., El-Khoury, R., Lorber, S., Oswald, I., El-Khoury, A., Atoui, A., Puel, O. y Bailly, J.D. (2020). Aflatoxin biosynthesis and genetic regulation: A review. *Toxins*, 12(3), 150. <https://doi.org/10.3390/toxins12030150>
- Cruz-Choappa, R. (2023). Micheli y el género *Aspergillus*. *Revista chilena de infectología*, 40(2), 169-171. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182023000200169>
- Micheli, P.A. (1729). *Nova plantarum genera*. Florencia, Italia.
- Naili, B., Sahnoun, M., Bejar, S., y Kammoun, R. (2016). Optimization of submerged *Aspergillus oryzae* S2 α -amylase production. *Food Science and Biotechnology*, 25(1), 185-192. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0028-4>
- Rushing, B.R. y Selim, M.I. (2019). Aflatoxin B1: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food and Chemical Toxicology*, 124, 81-100. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.11.047>
- Parra, S. (2025, junio 26). Giro inesperado: transforman el hongo de la tumba de Tutankamón en un arma potencial contra el cáncer. *National Geographic*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/giro-cientifico-extraordinario-transforman-hongo-maldito-tumba-tutankamon-ar-ma-potencial-contra-cancer_25377
- Pócsi, I., Dijksterhuis, J., Houbarken, J. y de Vries, R.P. (2024). Biotechnological potential of salt tolerant xerophilic species of *Aspergillus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 521. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13338-5>

Organismos genéticamente modificados: ¿amigos o enemigos?

Genetically modified organisms: friends or enemies?

Laura Esmeralda Cepeda Vargas¹, Jessica Cesia Ruíz Aguilera¹,
Karla Gabriela Domínguez González².

¹Instituto de investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). ²Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: karla.dominguez@umich.mx.

Resumen. Los organismos genéticamente modificados (OGM) son seres vivos cuya información genética ha sido alterada mediante técnicas de biotecnología. Aunque estos organismos generan preocupaciones sociales, la evidencia científica indica que no presentan riesgos significativos para la salud humana cuando son regulados adecuadamente. México, como país que depende de la agricultura, cuenta con un marco legal completo para el uso seguro de OGM, alineado con acuerdos internacionales como el Protocolo de Cartagena. Este artículo explora la diferencia entre OGM y organismos transgénicos, sus beneficios potenciales, las preocupaciones sociales y el contexto legal que rodea su uso.

Palabras clave: Transgénicos, regulación, bioseguridad.

Abstract. Genetically modified organisms (GMOs) are living organisms whose genetic information has been altered through biotechnological techniques. Although these organisms raise social concerns, scientific evidence indicates that they pose no significant risks to human health when properly regulated. Mexico, as an agriculturally dependent country, has a comprehensive legal framework for the safe use of GMOs, aligned with international agreements such as the Cartagena Protocol. This article examines the distinction between GMOs and transgenic organisms, their potential benefits, social concerns, and the legal context surrounding their use.

Keywords: genetically modified organisms, regulation, biosafety

¿Qué son los organismos genéticamente modificados?

La población mundial crece cada día y con ella aumenta la demanda de alimentos. Para responder a este reto, científicos y agricultores han desarrollado herramientas que permiten producir alimentos de mejor calidad en menos tiempo. Una de las más importantes es la modificación genética. Aunque escuchamos con frecuencia hablar de «transgénicos» u «OGM», existe mucha confusión sobre qué significan realmente estos términos y, lamentablemente, mucha información incorrecta que ha generado rechazo social (Guepara Pardo, 2004).

Un organismo genéticamente modificado (OGM) es simplemente un ser vivo —una planta, una bacteria o un animal— cuyo ADN ha sido alterado.



Fig. 1. 1) OGM, organismo con ADN modificado artificialmente. 2) Organismo transgénico, OGM que contiene ADN de otra especie que lo hace resistente a una plaga.

El ADN es como un «libro de instrucciones» que contiene toda la información genética de un organismo. Un cambio en este libro puede dar como resultado características distintas. El término «transgénico» se refiere específicamente a organismos que reciben información genética de otra especie diferente. Por lo tanto, todo transgénico es un OGM, pero no todos los OGM son transgénicos (Pérez Porto & Merino, 2003).

Imagina que el maíz tradicional es pequeño y poco resistente a plagas. Un maíz transgénico podría recibir un gen de otra planta que lo haría más grande y resistente. Este es un ejemplo de transgenia u organismo transgénico (OT), que es un tipo especial de modificación genética (Fig. 1).

¿Cómo se modifica un organismo?

La modificación genética funciona insertando, eliminando o alterando secuencias específicas del ADN. Cuando se eliminan genes, simplemente se remueve la información genética sin agregar nada de otras especies. Sin embargo, cuando se agregan genes de otros organismos, creamos transgénicos. Los científicos utilizan distintas técnicas: algunas trasladan genes con precisión quirúrgica, mientras que otras usan métodos más tradicionales (Lara O'Farril, 2021).

La Fig. 2 ejemplifica gráficamente la diferencia entre un OGM (al cual se le ha eliminado un par de bases nitrogenadas) y un OT (al cual se le han insertado dos pares de bases provenientes de un organismo distinto).

Beneficios actuales y potenciales

Actualmente, la mayoría de los OGM están diseñados para plantas de consumo humano. Los datos científicos muestran que no hay evidencia de que los alimentos transgénicos causen daño a la salud. Análisis de leche de animales alimentados con granos modificados demuestran que no contienen genes ni proteínas transgénicas, y no se ha encontrado relación entre su consumo y enfermedades crónicas (Erazo-Morales & Esteves-Fajardo, 2003).

Además, existen cultivos en desarrollo que podrían beneficiar directamente nuestra salud. Un ejemplo

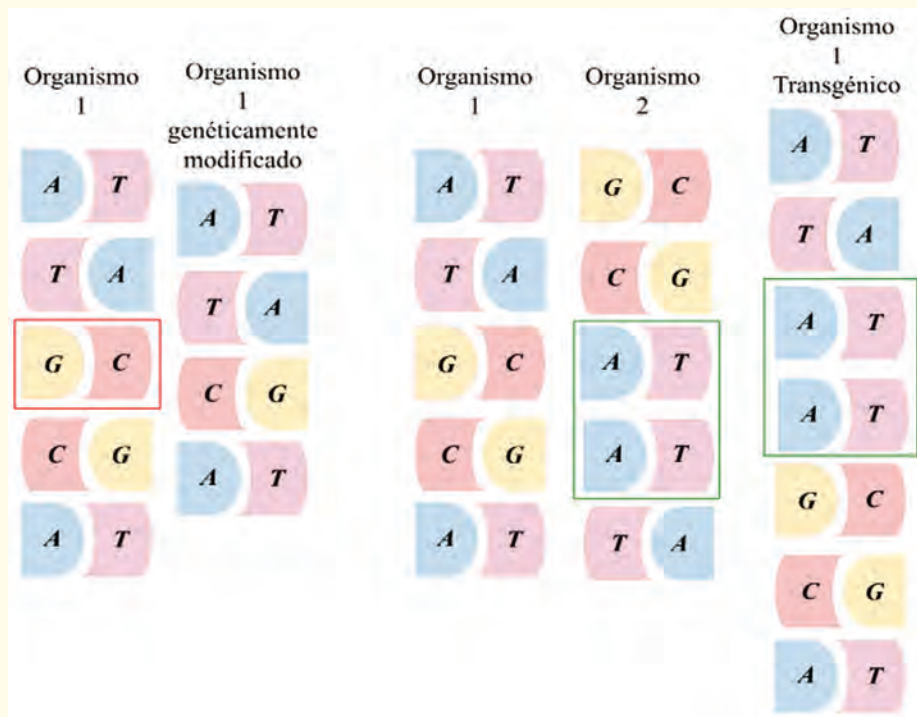


Fig. 2. Ejemplo representativo de un organismo genéticamente modificado y de un organismo transgénico.

modificados y los tradicionales (Erazo-Morales & Esteves-Fajardo, 2003).

Regulación internacional y en México

A nivel mundial, existe un marco regulatorio claro. El Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, adoptado en 2003 e integrado por 173 países, es el principal acuerdo internacional que protege la biodiversidad del movimiento transfronterizo de organismos modificados. Este protocolo establece que antes de importar o liberar OGM, los países deben evaluar los riesgos y asegurar que la información y protección ambiental sean adecuadas (MITECO 2022).

El Protocolo opera bajo el principio de precaución, lo que significa que los países pueden rechazar productos si existe incertidumbre científica sobre sus efectos. Esto garantiza que la salud humana y la biodiversidad sean prioridades por encima de las consideraciones comerciales.

En México, la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (reforma de 2022) regula estas actividades bajo estrictas condiciones de seguridad. La evaluación de nuevos OGM requiere permisos de múltiples autoridades: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la

es el «arroz dorado», enriquecido con beta-caroteno (precursor de la vitamina A), que podría ayudar a prevenir deficiencias nutritivas en poblaciones vulnerables (Fig. 3) (Centro de Investigación Biomédica de La Rioja, 2024). Este desarrollo representa el potencial real de la biotecnología para mejorar la calidad de vida, especialmente en países en desarrollo donde la desnutrición es un problema significativo.

Preocupaciones sociales: ¿Cuáles son reales?

Es comprensible que la sociedad tenga dudas. Las principales preocupaciones incluyen:

Riesgos ambientales: ¿Podría desaparecer una especie silvestre si el transgén «salta» a ella? La naturaleza tiene sus propios mecanismos de regulación. Un gene solo puede transmitirse entre organismos de la misma especie mediante polinización cruzada, no puede «saltar» de manera aleatoria. Los riesgos reales están más relacionados con prácticas agrícolas que con la tecnología en sí.

Monopolio empresarial: Pocas empresas controlan estas tecnologías. Sin embargo, a medida que el

conocimiento se expande y la sociedad acepta estos cultivos, más personas podrán beneficiarse de ellos (Lara O'Farril, 2021).

Diferencias nutricionales: Se teme que los OGM sean nutritivamente inferiores. Los estudios demuestran que no hay diferencias significativas en composición nutricional entre alimentos

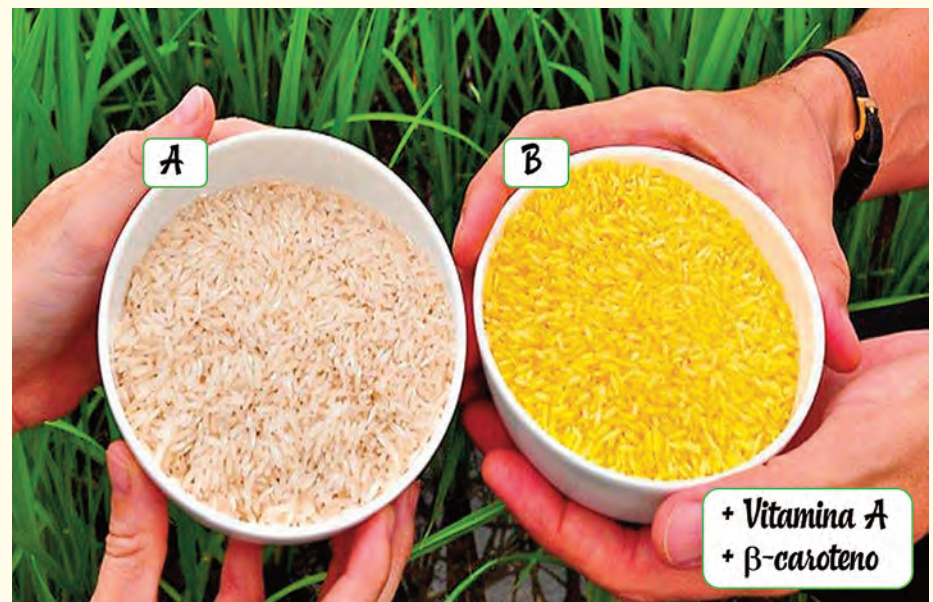


Fig. 3. *Oryza sativa* (Arroz). A. arroz nativo, B. arroz transgénico Tomado y modificado de: <https://www.bioeconomia.info/2019/12/19/el-arroz-transgenico-enriquecido-con-vitamina-a-muy-cerca-de-poder-consumirse-en-filipinas/>

Secretaría de Agricultura (SADER) y la Secretaría de Salud, a través de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad (CIBIOGEM). Esto garantiza que los OGM sean evaluados desde perspectivas ambientales, agrícolas y de salud pública (Ley de Bioseguridad de OGM, 2022).

Además, la Bioética —disciplina que asegura el respeto y la dignidad en el manejo de seres vivos— está regulada internacionalmente por el Comité Internacional de Bioética de la UNESCO, y en México por la Comisión Nacional de Bioética (CONBIOTICA) (Centro de Investigación Biomédica de La Rioja, 2024).

Conclusión

Los organismos genéticamente modificados representan una herramienta valiosa para enfrentar el crecimiento de la población mundial y

la demanda de alimentos. Aunque persisten preocupaciones sociales comprensibles, la evidencia científica sólida, junto con regulaciones rigurosas internacionales y nacionales, permiten el uso seguro de estos organismos. El Protocolo de Cartagena y la legislación mexicana aseguran que estos cultivos se desarrollen con protección ambiental y para la salud pública.

Lo importante es continuar el diálogo informado, investigación responsable, y transparencia en la comunicación científica, para que la sociedad comprenda realmente qué son estos organismos y cómo pueden contribuir a un futuro más seguro en alimentación.

Referencias

Centro de Investigación Biomédica de La Rioja. (2024). División de Bioética de UNESCO.

<https://www.cibir.es/esbioetica/resumen/unesco>

Erazo-Morales, P. L., & Esteves-Fajardo, Z. I. (2023). Alimentos transgénicos y su contenido nutricional. *CIENCIAMATRIA*, 9(1), 915–927. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i1.1108>

Guevara Pardo, G. (2004). ADN: Historia de un éxito científico. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, (33). <https://www.redalyc.org/pdf/414/41441401101.pdf>

Lara O'Farril, L. C. (2021). Transgenesis: Una aproximación a sus riesgos y beneficios. *Acta Médica del Centro*, 15(1), 141–155. <https://cielo.sld.cu/pdf/amdcv15n12709-7927-amdc-15-01-141.pdf>

Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. (2022). Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM.pdf>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). Protocolo de Cartagena. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2024). Normatividad en bioseguridad. <https://www.semarnat.gob.mx/>

• Enviado: enero 26, 2026 • Aceptado: mayo 19, 2026

EL VALOR DE SOBRAR: CUANDO NADA SE DESPERDICIA

THE VALUE OF SURPLUS: WHEN NOTHING IS TRULY WASTED

Dulce Betzabeth Rivera-Núñez,¹ y Selene Ramos-Ortiz²

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)

² SECIHTI-Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (UMSNH)

Contacto: selene.ramos@umich.mx

Resumen: El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, representa una amenaza significativa para el cultivo de maíz. Aunque los insecticidas químicos pueden controlar la plaga, a veces también afectan el equilibrio del agroecosistema. Una opción más segura y amigable con el medio ambiente son los baculovirus, que atacan únicamente a la plaga sin dañar a otros seres vivos. Para que sean efectivos en el campo, necesitan protección. Aquí es donde los residuos agrícolas desempeñan un papel especial: en lugar de ser considerados simples desechos, pueden convertirse en portadores naturales que ayudan a mantener activos los virus por más tiempo. De esta manera, lo que antes parecía basura se convierte en un aliado clave para promover una agricultura más sostenible.

Palabras clave: maíz, baculovirus, formulaciones.

Abstract: The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, poses a significant threat to corn crops. Although chemical insecticides can control pests, they sometimes disrupt the balance of the agroecosystem. A safer and environmentally friendly option is baculoviruses, which target only the pest without harming other living beings. For them to be effective in the field, they need protection. This is where agricultural residues play a special role: rather than being considered mere waste, they can serve as natural carriers that help keep viruses active for longer. In this way, what once seemed like trash becomes a key ally in promoting more sustainable agriculture.

Keywords: maize, baculovirus, formulations.

Introducción

Después de cada cosecha del maíz, el campo queda cubierto de residuos. Nadie los mira dos veces. No alimentan, no se venden ni parecen útiles. Son simplemente lo que sobra. Mientras tanto, en esos mismos campos, una plaga avanza silenciosa y sin descanso. Devora hojas, debilita las plantas y amenaza uno de los cultivos más importantes para nuestra alimentación: el maíz. Combatirla casi siempre implica recurrir a insecticidas químicos, que ofrecen soluciones rápidas, pero también plantean dudas sobre sus efectos en el equilibrio del agroecosistema.

¿Y si aquello que llamamos “residuo” no fuera el problema, sino parte de la respuesta? Tal vez el verdadero valor del campo no esté solo en lo que se cosecha, sino también en lo que habitualmente descartamos.

Un enemigo que revela un desperdicio

Imaginemos al peor inquilino posible: uno que no paga la renta, devora la despensa y amenaza con derrumbar la casa. Así actúa el gusano cogollero, de nombre científico *Spodoptera frugiperda*, en el maíz (Figura 1). Su nombre suena



Figura 1. Gusano cogollero en hoja de maíz (imagen de los autores, 2025).

modesto, pero es un conquistador voraz. Originario de las Américas, ha ampliado su presencia en África, Asia y Oceanía, como si las fronteras fueran solo sugerencias (Goergen, 2016).

Desde el momento en que emerge, su misión está clara: encontrar el cogollo, el corazón tierno de la planta, y alimentarse sin ser visto. Allí se esconde, se enrolla y devora con silenciosa paciencia. Sus movimientos son casi imperceptibles, pero cada hoja mordida deja huella de su paso y cada cogollo atacado debilita a la planta.

Durante sus primeras etapas de vida, la larva parece diminuta e inofensiva, pero su impacto puede ser desastroso. Donde se instala, la cosecha se resiente y el campo entero parece susurrar que algo acecha entre las hojas. No se apresura; calcula sus movimientos, se esconde y espera. Incluso los ojos más atentos tardan en descubrirlo.

Es extremadamente eficiente: un pequeño conquistador que ha aprendido a sobrevivir y expandirse con astucia, dejando tras de sí un rastro invisible de destrucción. Y mientras el maizal se estremece en silencio bajo su paso, uno no puede evitar pensar: ¿Cómo podremos enfrentarlo y proteger lo que está en juego?

La tormenta química

El gusano cogollero sigue avanzando, oculto en el corazón del maíz, mientras el

productor responde con una lluvia calculada de insecticidas sobre el maizal. Los insecticidas químicos caen sobre las hojas y se deslizan hasta el cogollo, cargados de moléculas diseñadas para intervenir en el sistema nervioso del insecto, alterando la transmisión de los impulsos nerviosos y provocando parálisis o incluso la muerte (Sparks y Nauen, 2015). Al contacto, el gusano se desorienta, pierde la coordinación y deja de alimentarse. Algunos mueren rápido; otros resisten lo suficiente como para esconderse, aclimatarse y reaparecer días después.

Sin embargo, esta tormenta química no distingue entre objetivos. Mientras el gusano lucha por sobrevivir, otros insectos benéficos del maizal también resultan afectados: mariquitas, tijerillas, crisopas, abejas y otros que ayudan a mantener el equilibrio del cultivo. Los estudios han documentado que el uso intensivo de insecticidas químicos en el control del cogollero puede generar impactos negativos en la biodiversidad, además de dejar residuos en el suelo, el agua y los alimentos, con posibles riesgos para la salud humana (Paredes-Sánchez et al., 2021).

El resultado es una paradoja inquietante: el gusano no desaparece por completo, pero el equilibrio del agroecosistema sí puede alterarse. El campo queda atrapado en un ciclo de aplicaciones repetidas, mientras el enemigo se vuelve cada vez más difícil de

contener. En ese punto, la pregunta deja de ser cómo eliminar al gusano y se transforma en algo más profundo: ¿existe una forma de enfrentarlo sin afectar todo lo demás?

El enemigo invisible

No todo lo que influye en el destino del maíz es visible a simple vista. Entre las hojas jóvenes, donde el gusano se oculta y el daño comienza, también habita un actor microscópico que pasa desapercibido al ojo humano. No hace ruido, no deja residuos visibles y no irrumpe en el campo como una tormenta: se trata de un baculovirus (BV), que infecta específicamente insectos, en especial las larvas de palomillas y mariposas.

En particular, este virus, conocido como nucleopoliedrovirus múltiple de *Spodoptera frugiperda* (SfMNPV), ha sido ampliamente estudiado por su alta especificidad y eficacia como agente de control biológico de esta plaga (Szewczyk et al., 2006). Cuando el gusano se alimenta, ingiere, sin saberlo, diminutas partículas virales adheridas a la superficie de la hoja. Al principio no ocurre nada evidente. El insecto continúa comiendo, creciendo y desplazándose por el cogollo. Pero en su interior, el equilibrio empieza a romperse: las células de su intestino se convierten en fábricas del virus y el proceso avanza de manera silenciosa e implacable.

A diferencia de los insecticidas químicos, el BV no actúa de manera indiscriminada. Reconoce únicamente a su huésped. No afecta a humanos, plantas, animales ni a insectos benéficos. Su acción es concreta y precisa: el gusano disminuye su actividad, deja de comer y, al final, muere, liberando millones de nuevas partículas virales que permanecen en el ambiente, listas para infectar a otros de su misma especie.

Este tipo de control no representa una promesa a futuro, sino que es una estrategia respaldada por numerosos estudios. Se ha comprobado que el SfMNPV es muy eficaz para disminuir las poblaciones del gusano cogollero, sin causar los efectos secundarios asociados al uso intensivo de insecticidas químicos (García-Banderas et al., 2020). En el maizal, la dinámica del conflicto se transforma (Figura 2). Ya no consiste en eliminar todo para vencer a un único



Figura 2. El Maizal y su transformación
(Elaboración de los autores, recuperada de Canva, 2026).



Figura 3. Residuos agrícolas: aliados estratégicos contra el gusano cogollero
(Elaboración de los autores, recuperada de Canva, 2026).

enemigo, sino en intervenir con precisión, usando su biología como límite. Entonces, aquí nos enfrentamos al reto: ¿cómo podemos lograr que este aliado invisible llegue al campo de forma segura, eficiente y fácilmente accesible para los agricultores de maíz?

El valor de lo que sobra

En el campo, lo que queda después de la cosecha rara vez recibe atención. Miles de residuos se amontonan sin un destino claro y, a primera vista, parecen no tener ninguna función. Sin embargo, estos materiales pueden desempeñar un papel inesperado cuando se observan desde otra perspectiva. El SfMNPV es eficaz para controlar al gusano cogollero, pero presenta una limitación importante: en el ambiente del campo puede degradarse con facilidad.

La radiación solar lo inactiva, la lluvia lo desplaza y el viento lo dispersa. Para mantenerse activo, necesita un soporte que lo proteja y lo acerque al lugar donde la larva se alimenta. Aquí es donde entran en escena los residuos agrícolas.

Materiales que suelen considerarse desechos, «como la hoja de maíz, el olote molido o incluso subproductos presentes en muchas zonas agrícolas, como la cascarilla de arroz», pueden desempeñar un papel importante como portadores naturales del virus.

La hoja de maíz, por ejemplo, tiene una superficie rugosa que facilita la adhesión de las partículas virales, mientras que el olote molido aporta estructura y un tamaño de partícula atractivo para la larva. Por otro lado, la cascarilla de arroz, ligera pero resistente, puede ayudar a proteger al virus del ambiente y facilitar su dispersión en el cultivo.

Estos materiales no se eligen al azar: son abundantes, económicos, biodegradables y familiares para el gusano, lo que aumenta las probabilidades de que sean ingeridos. Además, al ser residuos vegetales, se incorporan al suelo con el tiempo sin afectar el equilibrio del agroecosistema (Figura 3). Diversos estudios han señalado que el uso de sustratos

vegetales como portadores puede mejorar la estabilidad y la persistencia de agentes de control biológico en campo, lo que incrementa su eficacia frente a plagas específicas (Lacey et al., 2015). De esta manera, lo que antes se consideraba un residuo puede convertirse en un aliado estratégico para el manejo biológico del gusano cogollero.

Conclusión

El gusano cogollero es un pequeño insecto que vive en nuestros cultivos de maíz y, aunque causa daños, no es necesario eliminarlo por completo. En realidad, los agricultores buscan mantener sus poblaciones bajo control para evitar pérdidas graves.

Aquí entra en escena un «salvador microscópico»: el baculovirus, un virus tan especial que solo infecta a este gusano y no daña ningún otro ser vivo del cultivo, ni a los insectos benéficos, y mucho menos a nosotros. Sin embargo, este pequeño virus tiene algunos «enemigos»: el sol, la lluvia y el viento pueden debilitarlo rápidamente en el

campo. ¿Y aquí viene lo más interesante? Los residuos de las cosechas —hojas de maíz, olote molido o cascarilla de arroz— pueden proteger al virus como si fueran un «escudo invisible».

Al mezclarse el virus con estos materiales antes considerados desechos, este se vuelve más resistente y puede cumplir su misión de controlar la plaga de forma natural y sostenible.

Así, el campo nos enseña una lección sencilla pero poderosa: muchas veces la innovación no viene de crear algo completamente nuevo, sino de aprender a mirar de otra manera lo que siempre ha estado presente.

Referencias

García-Banderas, D., F. Tamayo-Mejía, S. Pineda, J. I. Figueroa de la Rosa, R. Lasa, J. Manuel Chavarrieta-Yáñez, E. Gervasio-Rosas, N. Zamora-Avilés, S. I. Morales, S. Ramos-Ortiz, J. Valle, and A. M. Martínez-Castillo. 2020. Biological characterization of two *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus isolates from Mexico and evaluation of one isolate in a small-scale field trial. *Biological Control*. 149: 104316. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104316>.

Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., & Tamò, M. (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS one* 11 (10). DOI: 10.1371/journal.pone.0165632

Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015). *Insect pathogens as biological control agents: Back to the future*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1–41. DOI: 10.1016/j.jip.2015.07.009

Paredes-Sánchez, F. A., Rivera, G., Bocanegra-García, V., Martínez-Padrón, H. Y., Berrones-Morales, M., Niño-García, N., & Herrera-Mayorga, V. (2021). Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*. A review. *Molecules*, 26, 5587. DOI: 10.3390/molecules26185587

Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 122–128. DOI: 10.1016/j.pestbp.2014.11.014

Szewczyk, B., Hoyos-Carvajal, L., Paluszek, M., Skrzecz, I., & De Souza, M. L. (2006). Baculoviruses—re-emerging biopesticides. *Biotechnology advances*, 24(2), 143–160. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2005.09.001

¿Qué sería más eficaz contra el insomnio, los valepotriatos o los ácidos valerénicos? La respuesta está en tu té de valeriana

Which would be more effective against insomnia, valepotriates or valerenic acids? The answer lies in your valerian tea.

Grecia-Elena Hurtado-Núñez y Martha-Estrella García Pérez

1. Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México

Contacto: martha.garcia@umich.mx

Resumen. Muchos mexicanos sufren insomnio. Los medicamentos convencionales para dormir (como el clonazepam, el alprazolam y el zolpidem) pueden generar dependencia y somnolencia durante el día, por lo que las personas buscan alternativas naturales para tratar sus problemas de sueño. La valeriana se ha utilizado durante siglos para tratar el insomnio y la ansiedad. Sin embargo, el efecto dependerá de la especie consumida: de los valepotriatos, presentes en *Valeriana edulis*, o de los ácidos valerénicos, presentes en *Valeriana officinalis*. Los compuestos presentes en las distintas especies de valeriana han despertado el interés de la comunidad científica por su capacidad de no generar dependencia ni efecto rebote. No obstante, la preocupación de muchos científicos es la falta de esquemas de dosificación seguros, respaldados por suficiente evidencia de ensayos clínicos que garanticen su seguridad y eficacia a largo plazo. A continuación, te explicamos cómo la infusión de valeriana puede ayudarte a combatir el insomnio, qué componentes contiene la especie mexicana, si es seguro tomarla sola o en combinación con otras plantas medicinales y cuál es la forma adecuada de hacerlo para evitar riesgos.

Palabras clave: Valepotriatos, ácidos valerénicos, seguridad

Abstract. Many Mexicans suffer from insomnia. Conventional sleeping pills (such as clonazepam, alprazolam, and zolpidem) can be addictive and cause daytime drowsiness, so people seek natural alternatives to treat their sleep problems. Valerian has been used for centuries to treat insomnia and anxiety. However, the effect will depend on the species consumed: valepotriates, present in *Valeriana edulis*, or valerenic acids, present in *Valeriana officinalis*. The compounds present in different species of valerian have attracted the scientific community's interest due to their ability to avoid dependence or rebound effects. Nevertheless, many scientists are concerned about the lack of safe dosage regimens supported by sufficient evidence from clinical trials to ensure long-term safety and efficacy. Below, we explain how valerian tea can help you combat insomnia, what components the Mexican species contains, whether it is safe to take it alone or in combination with other medicinal plants, and the proper way to do so to avoid risks.

Keywords: Valepotriates, valerenic acids, safety

Introducción

El insomnio es un problema de salud pública que afecta a la población mexicana, con una prevalencia que oscila entre el 45 y el 62 %, siendo más frecuente en mujeres y personas mayores, según datos de la UNAM (Robles, 2023) y otros autores (Arrona-Palacios & Gradisar, 2021; Correa-Muñoz et al., 2023). Afecta negativamente al estado de ánimo, la concentración y el comportamiento, aumenta el riesgo de accidentes laborales y de tráfico, reduce el rendimiento físico y mental.

Es posible que, en el intento de combatir el insomnio, hayas recurrido al tectio de valeriana. La valeriana es una planta perenne de la familia de las caprifoliáceas que crece de forma silvestre.

Existen alrededor de 250 especies en todo el mundo; la más conocida y de mayor relevancia económica es *Valeriana officinalis*, de origen europeo. Aunque en México se han identificado siete especies nuevas, la más utilizada es la *Valeriana edulis* ssp. *Procera*, comúnmente conocida como raíz de gato o raíz de tabaco. Los tallos

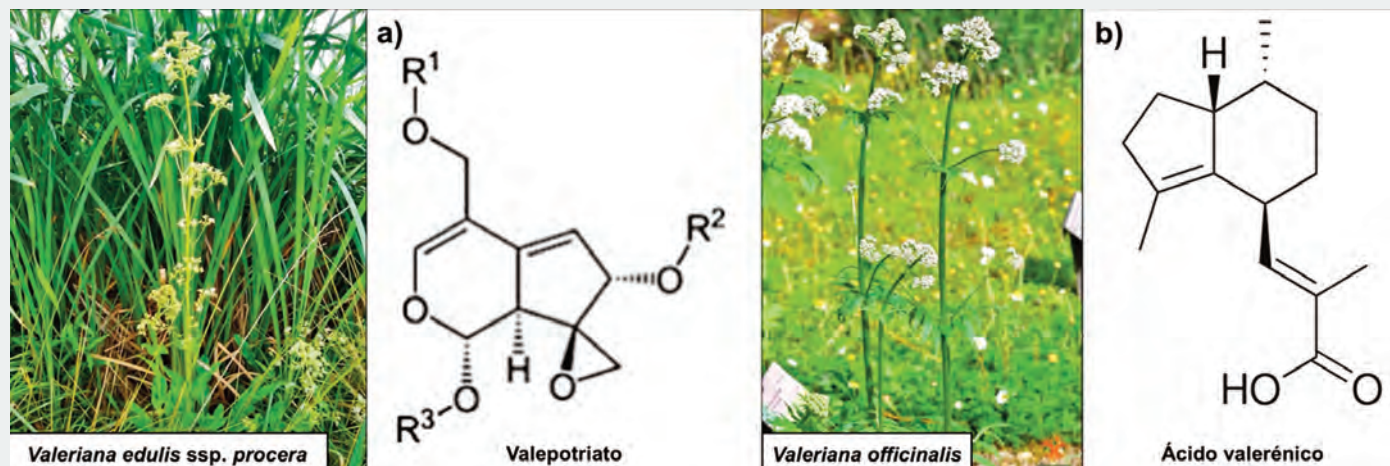


Figura 1. Ejemplares botánicos y estructuras químicas de *Valeriana edulis* ssp. *procera* y *Valeriana officinalis*. a) Muestra la estructura general de los valepotriatos, caracterizada por un esqueleto iridoide con sustituyentes R¹, R² y R³, lo que indica que no se trata de un compuesto específico, sino de una familia de derivados estructurales. b) Estructura química específica del ácido valerénico, que consiste en un ácido monocarboxílico unido a un sesquiterpenoide bicíclico.

Valeriana mexicana. Tomado de: <https://inaturalist-open-data.s3.amazonaws.com/photos/65724991>; Valeriana europea. Tomado de: <https://www.asturnatura.com/especie/valeriana-officinalis>

subterráneos y las raíces de la valeriana se han empleado en la medicina tradicional mexicana desde tiempos ancestrales para tratar el insomnio, la histeria, el susto, el nerviosismo, los espasmos y el síndrome premenstrual.

¿Sabes cuál estás consumiendo?

En general, las especies de valeriana contienen una mezcla compleja de moléculas químicas como sesquiterpenoides, iridoides, flavonoides, lignanos y aceites esenciales, responsables de sus efectos sedantes, hipnóticos y ansiolíticos. Esto es importante, ya que se ha descrito que los compuestos principales de *Valeriana officinalis* son los ácidos valerénicos, mientras que *Valeriana edulis* posee una mayor concentración de valepotriatos y no contiene ácidos valerénicos. El sueño y la vigilia están completamente dirigidos por neurotransmisores liberados en nuestro cerebro. Imagina el interruptor de la luz: cuando está arriba, se liberan en la corteza cerebral moléculas como la noradrenalina, la serotonina, la dopamina y la acetilcolina para mantenerte despierto y en estado de alerta. Sin embargo, cuando el interruptor está abajo, entra en acción el receptor ácido gamma-aminobutírico (GABA_A) y moléculas como los valepotriatos y los ácidos valerénicos, presentes en el té de valeriana, pueden inhibir los estímulos excitatorios de las neuronas del sistema nervioso central, generando un estado de relajación, calma e inducción del sueño.

Si actúan igual, ¿cuál es la diferencia?

Aunque actúan sobre el mismo receptor, pueden ejercer efectos distintos, de mayor o menor intensidad. Si bien los ácidos valerénicos de *V. officinalis* ejercen efectos como sedantes, ansiolíticos y antidepresivos al actuar sobre el receptor serotoninérgico (Das et al., 2021), los valepotriatos presentes en *V. edulis* suelen ser mejores relajantes musculares al bloquear la entrada y salida de calcio de las células musculares. Además, debido a su alta concentración, han demostrado reducir el tiempo de inducción del sueño y de vigilia nocturna, aumentando el tiempo total de sueño (Estrada-Soto et al., 2010; Francis & Dempster, 2002). Desde esta perspectiva, la valeriana mexicana suma puntos en esta contienda. ¡Pero podrías sorprenderte! No siempre es lo que parece.

¿Ineficaz y tóxica?

Se ha descrito que los efectos de la valeriana en el tratamiento del insomnio y de la ansiedad van de leves a moderados. Revisiones exhaustivas de ensayos clínicos con pacientes respaldan que la valeriana mexicana es “segura, pero no efectiva”. Esto podría deberse a que los valepotriatos no se absorben bien por vía oral y son termosensibles, por lo que se degradan fácilmente con los jugos gástricos y generan subproductos como el baldrinal y el homovaldrinal, descritos como tóxicos, así como el valtrato y el acevaltrato, que

exhiben potentes efectos citotóxicos. Por otro lado, la *Valeriana officinalis*, al ser la especie más estudiada, presenta un perfil de seguridad completo y se ha demostrado que es segura en estudios con ratas, sin que se hayan observado alteraciones toxicológicas en ratas preñadas ni en sus fetos. Sin embargo, la estructura es determinante: el ácido valerénico exhibe mayor potencia y eficacia; en cambio, cuando se transforma en ácido acetoxivalerénico o en ácido hidroxivalerénico, es capaz de bloquear el efecto sedante.

¿Por qué los suplementos de valeriana combinados con otras hierbas pueden no ser seguros?

La valeriana y sus preparados, en combinación con otras plantas medicinales, se han recomendado para enfermedades neurodegenerativas (el párkinson o el alzhéimer) y trastornos del sueño. No obstante, la utilización simultánea de dos o más plantas se conoce como polifarmacia herbolaria y conlleva un riesgo significativo.

Aunque actúen sobre el mismo sistema GABA_A, no hay suficientes pruebas clínicas que respalden la suma de sus interacciones a lo largo del recorrido en nuestro organismo y su forma de ejercer su efecto, lo que podría saturar las vías metabólicas y provocar la acumulación de compuestos en los tejidos durante mucho más tiempo, con posibles consecuencias de hepatotoxicidad y nefrotoxicidad (Kennedy & Wightman, 2011).

Entonces, ¿cuánto té de valeriana debo tomar?

La monografía de la Agencia Europea de Medicamentos establece las dosis seguras de uso tradicional de *V. officinalis* para facilitar el sueño y reducir el estrés mental en adolescentes, adultos y personas mayores, con una dosis recomendada de entre 400 y 600 mg al día. Para infusiones, la dosis es de entre 2 y 3 g de raíz seca en 150 ml de agua y en el caso de las tinturas preparadas con etanol al 70 %, se deben tomar 10 ml al día, una hora antes de acostarse (European Medicines Agency, 2015). Por su parte, *V. edulis* destaca en el atlas de plantas de la medicina tradicional mexicana, donde se recomienda infusionar 6 g de raíz en 1 L de agua. Tomar una taza a media tarde y otra antes de dormir y repetir durante un lapso no mayor a un mes (CONAFOR, 2010). Los valepotriatos se degradan a temperaturas superiores a 40 °C, lo que puede disminuir sus efectos. Se requieren entre 5 y 6 días de consumo continuo para obtener los efectos deseados. El consumo de valeriana

mexicana a la dosis indicada provoca somnolencia matutina. El uso irracional puede provocar dolor de cabeza, mareos, fatiga, dolor abdominal, diarrea, palpitaciones cardíacas e insomnio de rebote. Como recomendaciones importantes, no se debe administrar a niños menores de 3 años y el uso seguro durante el embarazo y la lactancia no está bien descrito. No consumir antes de conducir ni durante el manejo de maquinaria pesada. No mezclar el té o los preparados de valeriana con alcohol, con otros medicamentos (antidepresivos, antiepilépticos, melatonina, pastillas para dormir (benzodiacepinas), estatinas) ni con otras plantas medicinales, como la hierba de San Juan. No existe evidencia suficiente que garantice el uso seguro de la valeriana a largo plazo ni el uso seguro de los suplementos herbales.

Conclusión

La valeriana es una planta ampliamente utilizada en la medicina tradicional, tanto en México como en

otras regiones del mundo, para conciliar el sueño. Aunque sus principales compuestos activos en infusiones y extractos son los ácidos valerénicos y los valepotriatos, es fundamental recordar que estos no actúan de forma aislada. Su efecto se debe a la interacción de diversos componentes que actúan en conjunto. Por ello, si se emplea en la dosis y en las formas adecuadas, tanto los valepotriatos como los ácidos valerénicos presentes en tu té de valeriana ayudarán a combatir el insomnio.

Referencias

- Arrona-Palacios, A., & Gradisar, M. (2021). Self-reported sleep duration, sleep quality and sleep problems in Mexicans adults: Results of the 2016 Mexican National Halfway Health and Nutrition Survey. *Sleep Health*, 7(2), 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2020.08.006>
- CONAFOR. (2010). *Plantas medicinales de la Farmacia Viviente del Cefosfor: Usos terapéuticos tradicionales y dosificación*.
- Correa-Muñoz, E., Retana-Ugalde, R., & Mendoza-Núñez, V. M. (2023). Detection of Insomnia and Its Relationship with Cognitive Impairment, Depression, and Quality of Life in Older Community-Dwelling Mexicans. *Diagnostics*, 13(11), 1889. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13111889>
- Das, G., Shin, H.-S., Tundis, R., Gonçalves, S., Tantengco, O. A. G., Campos, M. G., Acquaviva, R., Malfa, G. A., Romano, A., Robles, J. A. H., Clores, M. Q., & Patra, J.-K. (2021). Plant Species of Sub-Family Valerianaceae—A Review on Its Effect on the Central Nervous System. *Plants*, 10(5), 846. <https://doi.org/10.3390/plants10050846>
- Estrada-Soto, S., Rivera-Leyva, J., Ramírez-Espinosa, J. J., Castillo-España, P., Aguirre-Crespo, F., & Hernández-Abreu, O. (2010). Vasorelaxant effect of *Valeriana edulis* ssp. Procera (Valerianaceae) and its mode of action as calcium channel blocker. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 62(9), 1167–1174. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.2010.01146.x>
- European Medicines Agency, E. (2015). *European Union herbal monograph on Valeriana officinalis L., radix*.
- Francis, A. J. P., & Dempster, R. J. W. (2002). Effect of valerian, *Valeriana edulis*, on sleep difficulties in children with intellectual deficits: Randomised trial. *Phytomedicine*, 9(4), 273–279. <https://doi.org/10.1078/0944-7113-00110>
- Kennedy, D. O., & Wightman, E. L. (2011). Herbal Extracts and Phytochemicals: Plant Secondary Metabolites and the Enhancement of Human Brain function. *Advances in Nutrition*, 2(1), 32–50. <https://doi.org/10.3945/an.110.000117>
- Robles, D. (2023). En México más de 45 % de adultos padecen insomnio. *Gaceta UNAM*. <https://www.gaceta.unam.mx/en-mexico-mas-de-45-de-adultos-padecen-insomnio/>



Figura 2. Combinaciones de suplementos con valeriana para tratar el insomnio y la ansiedad. Creada con: <https://www.terabox.com>



La ciencia frente a la COVID-19: cómo los laboratorios ayudaron a salvar vidas

Science vs. COVID-19: How laboratories helped save lives

Jesús Miguel Magaña-Cerino^{1,2}, Ramón Rosique Núñez¹,
Samuel Suárez-Méndez^{1,3}

1. Hospital Regional de Alta Especialidad IMSS-Bienestar "Dr. Juan Graham Casasús". Villahermosa, Tabasco, México. 2. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 3. Universidad Popular de la Chontalpa. Cárdenas, Tabasco, México.

Contacto: samuel.suarez@upch.mx

Resumen. En 2020, durante la emergencia epidemiológica de COVID-19, se realizó un gran esfuerzo por agilizar el diagnóstico molecular en un hospital de tercer nivel del estado de Tabasco (Hospital COVID). Por lo tanto, era indispensable implementar un laboratorio de biología molecular con personal calificado y capacitado en el área de investigación y en la clínica, para proporcionar un diagnóstico preciso y oportuno, y así agilizar el tratamiento de los pacientes que fueron afectados por esta enfermedad. Obtener resultados precisos y confiables a partir de la estandarización de ensayos de diagnóstico fue nuestra encomienda, y esto indirectamente implicó el primer acercamiento a la investigación como grupo de trabajo de un laboratorio de biología molecular en tiempos de incertidumbre.

Palabras clave: COVID-19, SARS-CoV-2, ciclo umbral, investigación.

Abstract. In 2020, during the COVID-19 epidemiological emergency, a major effort was undertaken to accelerate molecular diagnosis in a tertiary-level hospital in the state of Tabasco (COVID Hospital). Therefore, it was essential to implement a molecular biology laboratory staffed with qualified and trained personnel in both research and clinical practice to provide accurate and timely diagnoses and thereby expedite the treatment of patients affected by this disease. Obtaining precise and reliable results through the standardization of diagnostics assays was our main objective, and this indirectly represented our first approach to research as a working group within a molecular biology laboratory in times of uncertainty.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, Threshold Cycle, Research.

Introducción

La pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 causante de la enfermedad respiratoria COVID-19 fue una de las más devastadoras de este siglo. En México, hubo un mayor riesgo de contraer una forma grave de COVID-19 debido a que presenta una alta prevalencia de enfermedades metabólicas como diabetes, hipertensión y obesidad. En el estado de Tabasco la tasa de mortalidad fue de 248 muertes por cada 100, 000 habitantes y una letalidad del 2.8% por cada caso reportado durante la pandemia (Covid-19 México, 2023).

Al inicio de la pandemia, en el estado de Tabasco solo el laboratorio estatal de salud pública era la institución responsable del diagnóstico de esta enfermedad. Sin embargo, los resultados se emitían tres días después de la toma de muestra, esto debido a la gran cantidad de muestras que ingresaban al día, lo que sobrepasó la capacidad operativa del laboratorio estatal de salud pública. Por lo tanto, se determinó la creación de un laboratorio de biología molecular dentro del hospital COVID del estado de Tabasco por la alta demanda de atención. Sin embargo, con el transcurrir del tiempo se presentó otra limitante que fue la escasez del reactivo de referencia a nivel nacional para el diagnóstico de COVID-19 llamado TaqManTM. Además, hasta ese momento no existía suficiente información sobre la estandarización y validación de otros reactivos para el diagnóstico de COVID-19.

A partir de lo anterior, nuestro equipo de trabajo observó que una necesidad clínica urgente se convirtió en una investigación. Por lo tanto, el primer acercamiento a la investigación clínica como laboratorio de biología molecular fue evaluar el desempeño diagnóstico de otros reactivos para la detección de SARS-CoV-2 (COVID-19) en pacientes con síntomas graves del Hospital COVID del estado de Tabasco.

Desarrollo

Para poder llevar a cabo la evaluación de desempeño diagnóstico de los nuevos reactivos se decidió tomar 100 muestras de garganta y nariz en pacientes positivos a COVID-19 hospitalizados en el hospital COVID entre julio y septiembre de 2020. Una vez que se tomaron las muestras

estás fueron procesadas en el laboratorio de biología molecular donde se comparó el resultado diagnóstico del reactivo de referencia TaqMan™ con los dos reactivos que estaban siendo evaluados para determinar su desempeño diagnóstico como fueron: GeneFinder™ y Logix Smart™ (Younes et al., 2020).

El equipo utilizado para evaluar el desempeño diagnóstico de los reactivos a evaluar fue el Termociclador en tiempo real QS5 Applied Biosystems (Figura 1) Los resultados que genera este equipo es un valor llamado Ct (ciclo umbral) que va desde 15 a 40, donde un valor menor a 40 se considera positivo, mientras que un valor mayor a 40 se considera negativo (Figura 2) (Tom & Mina, 2020). Cuando analizamos las características de los pacientes a quienes se les tomaron las muestras, encontramos que tenían un rango de edad de entre 24-86 años, 61 de los 100 pacientes eran hombres y 39 eran mujeres. Además, los resultados fueron contundentes:

- Todas las muestras analizadas con los reactivos analizados ya sea con GeneFinder™ o Logix Smart™ resultaron positivas a SARS-CoV2.
- No se observó diferencia entre los valores de las Ct del reactivo de referencia TaqMan™ y los reactivos evaluados (Figura 2).

- Esto indicó que los reactivos evaluados eran tan confiables como el reactivo de referencia.

Además de su buen desempeño diagnóstico, los nuevos reactivos GeneFinder™ y Logix Smart™ ofrecieron beneficios prácticos en comparación con el reactivo de referencia TaqMan™:

- Menor tiempo de procesamiento 90 minutos frente a 120.
- Procedimiento más sencillo.
- Menor consumo de reactivos.

Estas ventajas permitieron aumentar la capacidad diagnóstica del hospital y atender a más pacientes en menos tiempo.

Conclusión

Considerando nuestra evaluación, establecimos y determinamos que los reactivos analizados GeneFinder™ y Logix Smart™ eran confiables para el diagnóstico de COVID-19. Esta experiencia en Tabasco no solo fortaleció la atención médica durante la emergencia, sino que también impulsó al equipo del laboratorio hacia la investigación científica clínica. Lo que comenzó como una respuesta urgente se convirtió en una oportunidad para generar conocimiento útil y sostenible, permitiendo al personal continuar ofreciendo servicios diagnósticos y

participar en nuevos proyectos científicos. La pandemia de COVID-19 dejó muchas lecciones valiosas. Una de las más importantes es reconocer que la ciencia aplicada a la salud pública salva vidas. Cada prueba realizada, cada dato analizado y cada protocolo validado representan un esfuerzo colectivo para enfrentar emergencias sanitarias presentes y futuras. La experiencia de Tabasco es un ejemplo de cómo el conocimiento científico, aplicado con compromiso, puede marcar una diferencia real en la vida de las personas.

Referencias

Covid-19 México. [Internet]. Dirección General de Epidemiología 2023. [cited 2025 Ag. 07].

Younes, N., Al-Sadeq, D. W., Al-Jighefee, H., Younes, S., Al-Jamal, O., Daas, H. I., Yassine, H. M., & Nasrallah, G. K. (2020). Challenges in Laboratory Diagnosis of the Novel Coronavirus SARS-CoV-2. *Viruses*, 12(6), 582. <https://doi.org/10.3390/v12060582>

Tom, M. R., & Mina, M. J. (2020). To Interpret the SARS-CoV-2 Test, Consider the Cycle Threshold Value. *Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 71(16), 2252–2254. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa619>



Figura 1. Equipos y reactivos utilizados para la evaluación del desempeño diagnóstico de GeneFinder™ y Logix Smart™.

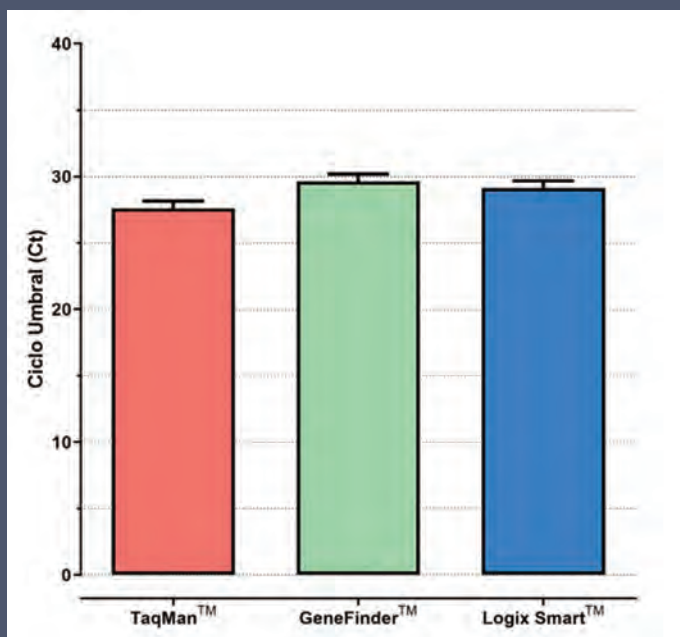


Figura 2. Comparación de los valores del ciclo umbral (Ct) entre el reactivo de referencia TaqMan™ y los reactivos a evaluar GeneFinder™ y Logix Smart™. No hubo diferencia de los valores de Ct entre reactivos. En el eje horizontal se ubican los reactivos analizados y en el eje vertical los valores de Ct.

Ni tú ni yo nacimos para el concreto, el cerebro se desarrolla mejor en espacios naturales

You and I are not made for concrete; the brain develops better in nature

María Fernanda Veloz-Castillo^{1,2,3}, Gabriel Herrera-López¹

1. Biological and Environmental Science and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia.
2. Department of Neuroscience «Rita Levi Montalcini», University of Turin, Turin, Italy. 3. Neuroscience Institute Cavalieri Ottolenghi, Orbassano, Italy.

Contacto: gabriel.herrera@kaust.edu.sa

Abstract. El cerebro humano no funciona de manera aislada, sino dentro de una esfera que integra tanto factores individuales como contextuales relacionados con el entorno que lo rodea. En este sentido, la evidencia científica ha mostrado que existen ambientes más favorables que otros para el funcionamiento cerebral. La vida urbana, caracterizada por una alta carga de estímulos sensoriales que demandan atención constante, impone un esfuerzo cognitivo continuo que puede activar de forma sostenida los sistemas de respuesta al estrés. A largo plazo, esta activación se asocia con repercusiones en la salud mental, como fatiga cognitiva, insomnio, depresión y ansiedad, cada vez más frecuentes entre quienes habitan entornos urbanos. Frente a este escenario, se ha desarrollado un cuerpo creciente de investigación que demuestra los efectos restauradores de los espacios naturales. La naturaleza capta la atención de manera suave y no intrusiva, lo que reduce la sobrecarga sensorial propia de la ciudad, disminuye los marcadores de estrés y favorece el rendimiento cognitivo. Así, el entorno se consolida como un determinante clave de la salud psicológica. Reconocer su papel invita a integrar el diseño de espacios saludables en las políticas públicas, promoviendo entornos más equitativos que contribuyan al bienestar mental de la población.

Palabras clave. Urbanismo, restauración mental, estrés

Abstract. The human brain does not operate in isolation, but in continuous interaction with both individual factors and the surrounding environment. Accumulating scientific evidence has shown that certain environments are more favorable than others for optimal brain function. Urban settings, characterized by persistent sensory stimulation and high attentional demands, require sustained cognitive effort that can lead to prolonged activation of stress-response systems. Over time, this chronic activation has been associated with adverse mental health outcomes, including cognitive fatigue, insomnia, depression, and anxiety; conditions that are increasingly common in urban populations. In contrast, a growing body of research highlights the restorative effects of natural environments. By engaging attention in a soft and non-intrusive manner, nature reduces sensory overload, lowers stress markers, and enhances cognitive performance. Within this framework, the environment emerges as a key determinant of psychological health. Acknowledging its influence underscores the importance of incorporating healthy environmental design into public policies, fostering more equitable spaces that support mental well-being at the population level.

Keywords. Urbanism, mental restoration, stress

Introducción

El cerebro humano no funciona de manera aislada, sino que responde de forma continua al lugar donde vivimos, trabajamos y nos movemos. A pesar de esto, gran parte de la investigación y del discurso público sobre salud mental suele centrarse en la biología o en la conducta individual y deja en segundo o tercer plano el papel de los espacios que habitamos. En un mundo cada vez más urbanizado vale la pena preguntarnos hasta qué punto el entorno cotidiano moldea nuestra mente y nuestras emociones.

Vivir en una metrópoli moderna es, para nuestro sistema nervioso, como intentar leer un libro en un concierto de rock. Los estímulos persistentes como el ruido, tráfico, densidad poblacional e iluminación artificial exigen atención constante y elevan la carga mental. Esta sobrecarga mantiene nuestra central de alarmas interna, el llamado eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, en un estado de alerta permanente. Como resultado, el cuerpo se inunda de cortisol (la famosa hormona del estrés), lo que a largo plazo desgasta nuestra capacidad de concentrarnos y regular

nuestras emociones (Hahad, Kuntic et al. 2025, Sic, Bogicevic et al. 2025).

Frente a este escenario, la neurociencia y la psicología ambiental muestran que el contacto con espacios abiertos y naturales favorece la recuperación de la atención, reduce el estrés y favorece una regulación emocional más estable. Investigaciones recientes muestran beneficios tanto con exposiciones breves como con visitas más prolongadas, y ensayos experimentales han observado una menor actividad en la amígdala tras una hora de paseo en un entorno natural respecto de un paseo en una calle concurrida (Sudimac, Sale et al. 2022). Otros estudios también describen efectos fisiológicos favorables como descensos en la presión arterial y frecuencia cardíaca tras diversas intervenciones de naturaleza (Jimenez, DeVille et al. 2021, Li, Mao et al. 2025). Así, la naturaleza no es un decorado pasivo, sino un modulador activo de nuestra salud mental.

Desde este punto de partida, este artículo explora el vínculo entre neurociencia y medio ambiente desde tres perspectivas: el impacto de la vida urbana sobre el cerebro, los efectos restauradores de los espacios abiertos y el papel del entorno como determinante de la salud psicológica. Con ello, buscamos aportar criterios prácticos para repensar el diseño de las ciudades y el cuidado de la salud mental en la vida diaria.

Cuando la ciudad no deja descansar la mente

Vivir en una ciudad rara vez ofrece pausas sensoriales. Desde que

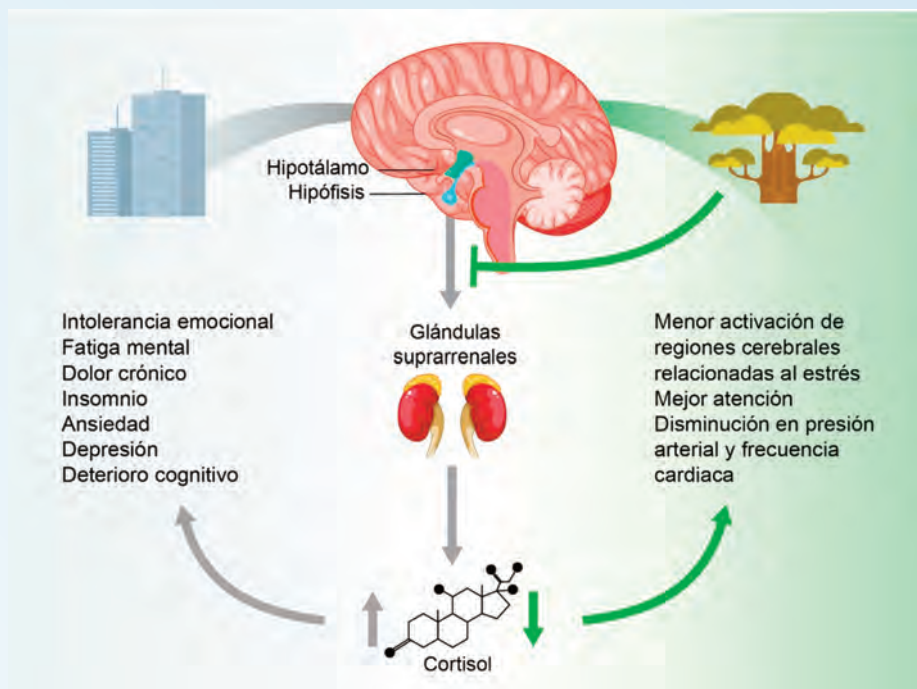


Figura 1. Influencia del entorno sobre la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA).

despertamos, nuestro cerebro urbano es bombardeado por señales: semáforos, pantallas, conversaciones, alarmas, tráfico, anuncios y demás, compiten por nuestra atención y nos mantienen en modo vigilancia casi continuo. Esta sobrecarga desafía los sistemas cerebrales encargados de filtrar información, regular las emociones y mantener el equilibrio fisiológico (Hahad, Kuntic et al. 2025).

Cuando el contexto que habitamos se percibe como demandante, se activa el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) (Figura 1): el hipotálamo inicia la cascada hormonal que culmina en la liberación de cortisol; una respuesta útil y adaptativa, ya que permite movilizar energía, aumentar el estado de alerta, y facilitar una respuesta rápida ante retos inmediatos (Hahad, Kuntic et al. 2025, Sic, Bogicevic et al. 2025).

El problema surge cuando los estresores urbanos como el ruido constante, alta densidad poblacional, contaminación y sobrecarga sensorial son persistentes. En estos casos el HHA puede activarse de forma frecuente y sostenida, lo que altera la regulación del estrés y se asocia con efectos en el sueño, el estado de ánimo y la atención. La evidencia a escala poblacional sugiere que esa activación crónica del estrés en contextos urbanos se relaciona con más síntomas de ansiedad y

depresión, con peor descanso y con cambios fisiológicos compatibles con sobrecarga biológica, especialmente cuando confluyen ruido y contaminación del aire (Gál and Dömötör 2023, McGuinn, Rosa et al. 2023).

Afortunadamente, el cerebro responde de manera distinta cuando cambiamos de escenario. Los espacios verdes actúan como un interruptor que apaga la activación constante del eje HHA. Al reducir la percepción de amenaza y la demanda de atención, estos entornos logran bajar los niveles de cortisol, permitiendo que el cerebro recupere su equilibrio y bienestar. Ensayos experimentales muestran, por ejemplo, menor actividad de la amígdala tras una hora de paseo en un entorno natural (en comparación con una calle concurrida) (Sudimac, Sale et al. 2022), y revisiones recientes describen beneficios sobre el bienestar y parámetros fisiológicos como la presión arterial y la frecuencia cardíaca (Gál and Dömötör 2023).

Los entornos urbanos favorecen una activación sostenida del eje HHA y la liberación de cortisol, asociadas a fatiga mental, alteraciones emocionales y deterioro cognitivo. En contraste, los espacios verdes se relacionan con una menor activación de los circuitos del estrés y con beneficios cognitivos,

emocionales y fisiológicos, como una mejor atención y una reducción de la presión arterial y la frecuencia cardíaca.

Entender la vida urbana desde esta perspectiva cambia las reglas del juego: el estrés que sientes no es una señal de que seas «incapaz» de manejar la vida moderna, sino una respuesta biológica natural ante un entorno que te exige vigilancia constante. El reto actual es dejar de diseñar ciudades solo para que sean funcionales y empezar a construirlas para que sean, sobre todo, neurobiológicamente habitables (Ramírez García 2025, UN-Habitat 2025).

El cerebro en espacios abiertos y naturales

A diferencia de los entornos urbanos que nos obligan a estar en un estado de alerta constante, los espacios abiertos y naturales ofrecen al cerebro algo que la ciudad le niega: una tregua. La naturaleza capta nuestra atención de manera suave y no intrusiva, lo que aligera el esfuerzo de control constante propio de la ciudad y se asocia con mayor bienestar psicológico. A partir de estas observaciones, la psicología ambiental y la neurociencia han estudiado sistemáticamente la restauración mental, entendida como la capacidad de ciertos entornos para facilitar la recuperación de recursos cognitivos y emocionales tras periodos de esfuerzo mental o estrés (Jimenez, DeVille et al. 2021).

Uno de los marcos teóricos más influyentes es la Teoría de la Restauración de la Atención, que propone que los recursos de la atención dirigida son limitados y susceptibles al agotamiento. En este contexto, los entornos naturales favorecen formas de atención más espontáneas, y permiten que el control consciente “descanse”, facilitando así la recuperación (Jimenez, DeVille et al. 2021). Este proceso se ha asociado con mejoras en la concentración, regulación emocional y capacidad para afrontar demandas cognitivas posteriores.

La evidencia reciente indica además que exposiciones breves, desde caminar por un parque hasta observar imágenes de paisajes, pueden traducirse en beneficios medibles para la atención y la fatiga mental, con efectos que crecen

con dosis mayores (Li, Mao et al. 2025). En este punto, resulta útil detenerse un momento y observar con atención la Figura 2. Te invitamos a cubrir inicialmente la parte de la imagen correspondiente al espacio verde y concentrarte únicamente en el entorno urbano. ¿Qué sensaciones despierta esta escena? ¿Percibes tensión, saturación o una necesidad de mantener la atención en múltiples estímulos? Ahora, oculta la imagen urbana y dirige la mirada hacia el espacio verde. ¿Se modifica la sensación corporal o emocional? ¿La atención se vuelve más suave o menos demandante? Este ejercicio no pretende sustituir la evidencia científica, sino ilustrar de manera directa cómo distintos entornos pueden generar estados mentales diferentes incluso tras una exposición breve.

Se sugiere observar primero la escena urbana, prestando atención a las sensaciones cognitivas y emocionales que evoca. Posteriormente, dirige la mirada al entorno natural y compara las sensaciones que evoca. Este ejercicio ilustra cómo distintos ambientes pueden inducir estados mentales distintos incluso tras exposiciones breves.

Estudios conductuales y de neuroimagen muestran que la exposición a espacios verdes se asocia con una menor activación de regiones cerebrales relacionadas al estrés (por ejemplo, la amígdala tras una hora de paseo en la naturaleza), y con mejoras atencionales (Sudimac, Sale et al. 2022). Asimismo, se han observado reducciones en marcadores fisiológicos de estrés, como frecuencia cardíaca, presión arterial, y niveles de cortisol, incluso tras periodos relativamente breves de contacto con la naturaleza (Gál and Dömötör 2023).

Entendida así, la restauración mental no es “apagar” el cerebro, sino ofrecerle un contexto que favorezca la reorganización y autorregulación. De esta manera, la naturaleza no es un lugar que visitamos para «desconectarnos», sino el contexto que el cerebro necesita para volver a conectarse consigo mismo. En un mundo que nos pide estar siempre «encendidos», el acceso a estos espacios se convierte en una herramienta de salud mucho más poderosa que cualquier consejo individual de relajación.



Figura 2. Comparación entre un entorno urbano y un espacio verde.

El ambiente como factor clave del bienestar mental

Pensar la salud psicológica desde la neurociencia implica reconocer que el cerebro no solo responde a estímulos internos; también se ve moldeado por diseño urbano, el acceso a espacios abiertos y la calidad del ambiente sensorial (ruido, luz, densidad de población). Estos factores influyen en procesos cerebrales implicados en el estrés, la atención y la regulación emocional, y hoy se consideran parte de la infraestructura de salud pública de una ciudad (Rigolon, Browning et al. 2021, Ramírez García 2025). Bajo esta lente, la salud mental deja de ser un asunto puramente privado o biológico para convertirse en un fenómeno profundamente contextual. No solo se trata de cómo gestionamos nuestras emociones, sino de si el entorno nos permite hacerlo.

Esta dimensión se vuelve social cuando miramos el acceso desigual a espacios que promueven bienestar. En muchas de nuestras ciudades en Latinoamérica, el acceso a un parque o

a una vista arbolada no está distribuido de forma equitativa. A menudo, la cantidad y calidad de parques y espacios arbolados que rodea a una persona refleja su nivel socioeconómico, lo que significa que los beneficios neuropsicológicos de la naturaleza (reducción del cortisol y mejora de la atención que mencionamos antes) no están al alcance de todos (Rigolon, Browning et al. 2021, Li, Mao et al. 2025).

Esta desigualdad nos lleva a una conclusión necesaria: el conocimiento neurocientífico debe sentarse a la mesa de las políticas públicas. Necesitamos un “neuro-urbanismo” que planifique ciudades pensando en el cerebro de quienes las habitan, tomando en cuenta el acceso a parques cercanos y de calidad, arbolado en calles, parques pequeños en zonas densas, y evaluación de proyectos con indicadores de bienestar. No es solo una cuestión de estética o de ecología; es una cuestión de salud pública y justicia social.

Reconocer que el entorno determina nuestra salud psicológica nos invita a

desplazar la mirada de la adaptación individual hacia la responsabilidad colectiva. En lugar de pensar “cómo agunto el estrés de la ciudad” deberíamos de preguntarnos “¿cómo diseñamos ciudades menos estresantes?”. Porque más allá de las terapias o el autocuidado, debemos exigir y construir espacios que, a largo plazo, actúen como protectores de nuestro bienestar. Al final del día, cuidar el lugar donde vivimos es, en el sentido más literal, cuidar nuestro propio cerebro.

Cuidar nuestra mente implica cuidar los espacios que habitamos

En última instancia, cuidar nuestro cerebro exige que cuidemos también los lugares que este habita. La salud mental no se construye solo de «adentro hacia afuera», sino en un diálogo constante con las calles que caminamos y las vistas que nos rodean. Como individuos, podemos empezar hoy mismo: integrar plantas en casa, buscar un parque para caminar o simplemente elegir la ruta arbolada hacia el trabajo no son solo pasatiempos, sino actos de autocuidado neurobiológico que ayudan a nuestra «alarma interna» a encontrar el silencio que necesita.

Sin embargo, el verdadero cambio es colectivo. Preguntarnos qué tipo de ciudades estamos diseñando y defendiendo es, en el fondo, preguntarnos cómo queremos pensar, sentir y vivir. La salud mental debe dejar de ser una lucha individual contra un entorno hostil para convertirse en una tarea compartida, escrita en el paisaje verde de nuestras ciudades. Al final del día, una ciudad que cuida el cerebro de sus ciudadanos es una ciudad con un futuro más saludable, creativo y, sobre todo, más humano.

Referencias

- Gál, V. and Z. Dömötör (2023). «The role of connection with nature in empirical studies with physiological measurements: a systematic literature review.» *Biología Futura*.
- Hahad, O., M. Kuntic, S. Al-Kindi, I. Kuntic, D. Gilan, K. Petrowski, A. Daiber and T. Münzel (2025). «Noise and mental health: evidence, mechanisms, and consequences.» *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 35(1): 16-23.
- Jimenez, M. P., N. V. DeVille, E. G. Elliott, J. E. Schiff, G. E. Wilt, J. E. Hart and P. James (2021). «Associations between Nature Exposure and Health: A Review of the Evidence.» *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(9).

Li, Y., Y. Mao, L. Mandle, A. Rydström, R. P. Remme, X. Lan, T. Wu, C. Song, Y. Lu, K. C. Nadeau, A. Meyer-Lindenberg, G. C. Daily and A. D. Guerry (2025). «Acute mental health benefits of urban nature.» *Nature Cities* 2: 720-731.

McGuinn, L. A., M. J. Rosa, E. Osorio-Valencia, I. Gutierrez-Avila, S. Martinez-Medina, H. Harari, I. Kloog, R. J. Wright, M. Tellez-Rojas, O. Wright and M. Tamayo-Ortiz (2023). «Urban Stress and its Association with Symptoms of Depression, Fatigue, and Sleep Disruption in Women in Mexico City.» *Cities Health* 7(5): 830-838.

Ramírez García, L. A. (2025). Cómo diseñar entornos urbanos para evitar ‘ciudades ansiosas’ y mejorar el bienestar mental. C. p. I. T. Urbana, World Economic Forum.

Rigolon, A., M. H. E. M. Browning, O. McAnirlin and H. Yoon (2021). «Green Space and Health Equity: A Systematic Review on the Potential of Green Space to Reduce Health Disparities.» *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(5).

Sic, A., M. Bogicevic, N. Brezic, C. Nemr and N. N. Knezevic (2025). «Chronic Stress and Headaches: The Role of the HPA Axis and Autonomic Nervous System.» *Biomedicines* 13(2).

Sudimac, S., V. Sale and S. Kuhn (2022). «How nature nurtures: Amygdala activity decreases as the result of a one-hour walk in nature.» *Mol Psychiatry* 27(11): 4446-4452.

UN-Habitat (2025). Healthier Cities and Communities Through Public Spaces. Nairobi, Kenya, United Nations Human Settlements Programme: 21.

• Enviado: enero 20, 2026 • Aceptado: junio 14, 2026



¡Recuérdame ...! Remember me !

Regina Espinosa Luna¹,
Katia Lizbeth Alonso Hurtado²
y Mauro Manuel Martínez
Pacheco²

Licenciatura en Biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
2. Laboratorio de Fisiología Celular del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH.
Morelia, Michoacán, México.

Contacto: mauro.martinez.pacheco@umich.mx

Figura 1. El cerebro guarda nuestros recuerdos, en él se encuentran las neuronas, representadas como trabajadores de oficina. Las neuronas guardan nuestros recuerdos en sus conexiones por medio de mensajes llamados neurotransmisores, los cuales son liberados a la hendidura sináptica. Imagen propia con detalles de IA.

Resumen. ¿Alguna vez has escuchado de una enfermedad que “secuestra” los recuerdos? El culpable es un desorden neurológico llamado Alzheimer. Para entender cómo funciona esta enfermedad, nos podemos imaginar que nuestro cuerpo es una fábrica liderada por múltiples jefes que trabajan en el cerebro a los que llamamos neuronas. Las neuronas son las células básicas del sistema nervioso que transmiten señales entre diferentes partes del cuerpo a través de neurotransmisores. Los neurotransmisores son sustancias químicas que facilitan la comunicación entre neuronas a través de la hendidura sináptica, donde se liberan y se unen a receptores en la membrana de la neurona receptora, alterando su estado y provocando una respuesta. Existen más de 40 neurotransmisores en el sistema nervioso humano, cada uno con funciones específicas, como la acetilcolina, la dopamina y la serotonina, que juegan un papel crucial en procesos como el aprendizaje, el control de emociones y la regulación del movimiento, así como formar y guardar nuestros recuerdos como si fueran “documentos” a través de los cuales se almacena la información. En este artículo descubrirás como se pierden estos documentos y cómo podemos hacer que se queden por más tiempo al aumentar los niveles del neurotransmisor acetilcolina.

Palabras clave: Alzheimer, neurotransmisores, acetilcolinesterasa

Abstract. Have you ever heard of a disease that kidnaps your memories? That's because of a neurological disorder called Alzheimer. To understand how Alzheimer works we can imagine that our body is a factory run by multiple CEOs called neurons living inside the brain. Neurons communicate using neurotransmitters, their texts messages. Their tasks include making and keeping our memories. Here you can discover how these files get lost and how we can make them stay for a little longer by increasing the acetylcholine levels.

Key words: Alzheimer, neurotransmitters, acetylcholinesterase

En alguna ocasión mientras mi abuelito me contaba sus historias de juventud que me hacían divertirme tanto. Entre las risas y los dulces que nos comíamos a escondidas de mi abuelita me decía que cuando él paseaba por el centro con sus perritos, algunas partes del centro de Morelia eran totalmente diferentes a las que podíamos ver ahora. Para mí, cada tarde era una nueva aventura, mi abuelito me contaba historias tan padres e increíbles que yo creía que estaba en una película mexicana. Soltaba carcajadas junto a él, que jamás voy a olvidar. Sin embargo, un día cuando las canas empezaron a notarse más y su piel comenzó a arrugarse yo llegaba con el mismo entusiasmo de siempre para platicar sobre aquellas historias sorprendentes, pero algo en él era muy raro.

Mi abuelito comenzaba la historia y no podía terminarla, hacía una pausa muy larga, luego volteaba a verme y me decía: - ¿En qué nos quedamos, mijita? Yo con mucho gusto le repetía en qué parte íbamos. Hasta que, poco a poco, cada vez que llegaba para la misma rutina que teníamos por años, algo empezó a cambiar. De pronto, solo volteaba y me preguntaba ¿y tú quién eres? En esa primera ocasión me sentí triste de saber que mi abuelito comenzaba a olvidarse de mí y yo no entendía qué estaba pasando. Hasta que mis papás me explicaron que mi abuelito atravesaba por una grave y cruel enfermedad que hacía que olvidara todos los recuerdos que tenía en su mente. Alzheimer, ¿ALZHEIMER?

Sinceramente, a esa edad seguía sin entender cómo es que mi abuelito no podía recordarme. Pasado el tiempo, estudiando biotecnología comencé a comprender un poco más.

Resulta que el Alzheimer es un trastorno del cerebro que destruye lentamente la memoria y la habilidad para pensar y con el paso del tiempo impide llevar a cabo tareas de la vida cotidiana. Actualmente, la enfermedad del Alzheimer esta entre las 10 principales causas de muerte a nivel mundial (CDC, 2024) y es la forma más común de demencia, puede representar entre un 60

% y 70 % de los casos (OMS, 2025). Se estima que en México aproximadamente un millón 300 mil personas padecen de Alzheimer y afecta con mayor frecuencia a las personas mayores de 65 años (Secretaría de Salud, 2021).

La enfermedad se nombró así en honor al Dr. Alois Alzheimer, quien en 1907 describió depósitos anormales, fibras enredadas y pérdida de neuronas en el cerebro de una de sus pacientes que presentaba pérdida de memoria, problemas de lenguaje y comportamiento impredecible (Trejo-Lopez *et al.*, 2022). Ahora conocemos que los depósitos son placas amiloides y las fibras ovillos neurofibrilares (Zhang *et al.*, 2021).

Para poder comprender cómo el Alzheimer robó los recuerdos de mi abuelo, primero tuve que averiguar, entender, conocer qué son los recuerdos y en dónde están guardados. Resulta que toda la información está guardada en nuestro cerebro, el órgano que dirige a todo nuestro cuerpo. Si pensamos en nuestro cuerpo como una fábrica, el cerebro es la oficina de dirección ejecutiva y sus trabajadores son las neuronas. Las neuronas trabajan en conjunto, pero están separadas por un espacio llamado hendidura sináptica, por lo que se tienen que comunicar por medio de mensajes mediante sustancias llamadas neurotransmisores, los cuales llegan de una neurona a otra como si viajaran por vía telefónica, a este proceso se le llama sinapsis. Cada vez que

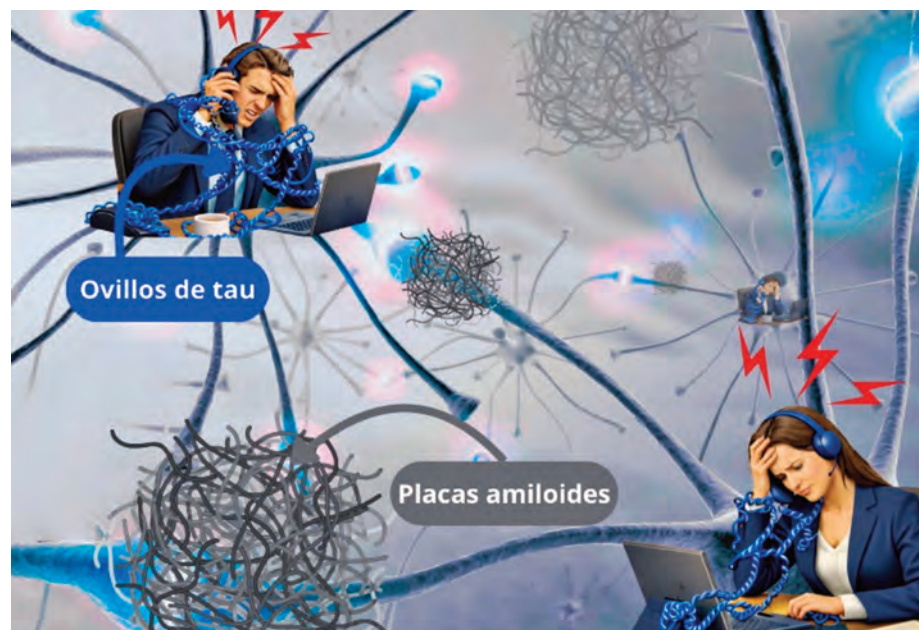


Figura 3. El Alzheimer se caracteriza por la presencia de placas amiloides y de ovillos neurofibrilares que dificultan la comunicación entre las neuronas y desencadenan la disfunción y muerte neuronal. Imagen propia con detalles de IA.

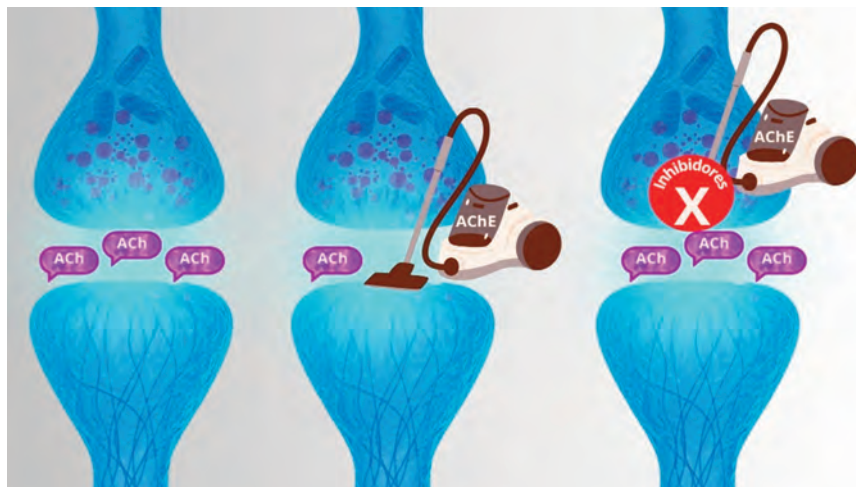


Figura 3. La acetilcolina (ACh) es un neurotransmisor que disminuye en pacientes con Alzheimer. La acetilcolinesterasa (AChE) es una enzima que destruye a la ACh. Los inhibidores de AChE impiden que la AChE destruya a la acetilcolina aumentando sus niveles por lo que disminuyen el progreso de la enfermedad. Imagen propia

aprendemos algo nuevo o formamos un nuevo recuerdo, aparece un amplificador de esta señal telefónica que permite que los mensajes lleguen más fuerte, más rápido y que se entiendan mejor. No aparece una línea nueva, solo se fortalece una que ya existe y cada que recordamos algo reactivamos esa línea de comunicación.

Nuestros recuerdos, están en estas líneas telefónicas que conectan las neuronas, ¿en dónde quedaron los recuerdos de mi abuelo? Las placas amiloides y los ovillos neurofibrilares que describió el Dr. Alzheimer en su paciente también estaban presentes en el cerebro de mi abuelo. Las placas amiloides son agregados de una proteína llamada beta-amiloide, las cuales se acumulan entre sus líneas de comunicación; mientras que los ovillos son acumulaciones de la proteína tau que se asemejan a cables telefónicos enredados, que impiden que se puedan mandar y recibir los mensajes correctamente. Esto genera estrés en las neuronas. Ante tanto estrés las neuronas “renuncian”, los amplificadores dejan de funcionar, las líneas telefónicas se pierden y con ellas se van los recuerdos.

Lamentablemente, no existe hasta el momento una terapia para reestablecer el funcionamiento normal de las neuronas y los neurotransmisores, sin embargo, si hay algunas estrategias que los especialistas pueden implementar para que el funcionamiento cerebral, es decir, la dirección ejecutiva no colapse tan rápido. Una de estas estrategias consiste en el uso del neurotransmisor llamado acetilcolina. La acetilcolina participa en funciones clave como la memoria, el

aprendizaje y la atención. Una vez que el mensaje transmitido por la acetilcolina cumplió su función es destruido por una enzima especial, llamada acetilcolinesterasa. Cuando el cerebro funciona correctamente, la acetilcolinesterasa impide que el mensaje dure más tiempo del necesario para así mantener una comunicación clara y ordenada. El cerebro de un paciente con Alzheimer como mi el de mi abuelo, tiene menos acetilcolina. Además, sus líneas de comunicación son débiles. Por tal motivo, como parte del tratamiento de esta enfermedad los especialistas recetan un medicamento que contiene moléculas que actúan “saboteando” a la acetilcolinesterasa, estas moléculas se llaman inhibidores. Si pensamos en la acetilcolinesterasa como una aspiradora, los inhibidores son pequeñas moléculas que se unen a la boquilla e impiden que otra molécula ingrese. Al inhibir a la acetilcolinesterasa, la cantidad de acetilcolina se mantiene y la señal es más fuerte y clara, por lo que la comunicación en el cerebro mejora y esto retrasa el avance de la enfermedad.

Gracias a los inhibidores de acetilcolinesterasa, pacientes que padecen Alzheimer, como mi abuelo pueden recordar a sus seres queridos, mantener sus recuerdos y funciones básicas, y en consecuencia mejorar su calidad de vida, permitiendo a sus seres queridos gozar de sus emocionantes historias por más tiempo.

Nuestro cerebro guarda nuestras cosas más preciadas: nuestros recuerdos, nuestra sabiduría y las personas que amamos. Por ello, aprender a cuidarlo es fundamental. El ejercicio, la dieta, el estilo

de vida e incluso lo que elijamos hacer con nuestro tiempo libre influyen en la salud cerebral. Las actividades que estimulan a nuestro cerebro tales como leer, escribir, aprender un nuevo idioma reducen el riesgo de padecer Alzheimer. Estas prácticas fortalecen las conexiones neuronales, como si, contratamos a la mejor compañía telefónica del mercado. Con el paso del tiempo, las neuronas se enfrentan a mayores niveles de estrés, pero con la red mejorada las líneas telefónicas permanecen activas, claras y con buena conexión, lo que permite conservar todo aquello que más valoramos.

Referencias

- Asim, A., Jastrzębski, M. K., y Kaczor, A. A. (2025). Dual Inhibitors of Acetylcholinesterase and Monoamine Oxidase-B for the Treatment of Alzheimer's Disease. *Molecules* (Basel, Switzerland), 30(14), 2975. <https://doi.org/10.3390/molecules30142975>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2024). About Alzheimer's. <https://www.cdc.gov/alzheimers-dementia/about/alzheimers.html>
- Magee, J. C., y Grienberger, C. (2020). Synaptic Plasticity Forms and Functions. *Annual Review of Neuroscience*, 43, 95-117. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-090919-022842>
- Martins, L. B., Malheiros Silveira, A. L., & Teixeira, A. L. (2021). The link between nutrition and Alzheimer's disease: From prevention to treatment. *Neurodegenerative Disease Management*, 11(2), 155-166. <https://doi.org/10.2217/nmt-2020-0023>
- Organización Mundial de la Salud. (2025). Demencia. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia>
- Radić, B., Blažeković, A., Duraković, D., Jurišić-Kvesić, A., Bilić, E., y Borovečki, F. (2021). Could Mental and Physical Exercise Alleviate Alzheimer's Disease? *Psychiatria Danubina*, 33(Suppl 4), 1267-1273.
- Rostagno, A. A. (2022). Pathogenesis of Alzheimer's Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1), 107. <https://doi.org/10.3390/ijms24010107>
- Secretaría de Salud. (2021). Enfermedad de Alzheimer, demencia más común que afecta a personas adultas mayores. <https://www.gob.mx/salud/es/articulos/enfermedad-de-alzheimer-demencia-mas-comun-que-afecta-a-personas-adultas-mayores>
- Šimončiová, E., Henderson Pekarik, K., Vecchiarelli, H. A., Lauro, C., Maggi, L., & Tremblay, M.-È. (2024). Adult Neurogenesis, Learning and Memory. *Advances in Neurobiology*, 37, 221-242. https://doi.org/10.1007/978-3-031-55529-9_13
- Trejo-Lopez, J. A., Yachnis, A. T., & Prokop, S. (2022). Neuropathology of Alzheimer's Disease. *Neurotherapeutics: The Journal of the American Society for Experimental Neurotherapeutics*, 19(1), 173-185. <https://doi.org/10.1007/s13311-021-01146-y>
- Zhang, X.-X., Tian, Y., Wang, Z.-T., Ma, Y.-H., Tan, L., & Yu, J.-T. (2021). The Epidemiology of Alzheimer's Disease Modifiable Risk Factors and Prevention. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*, 8(3), 313-321. <https://doi.org/10.14283/jpad.2021.15>



Figura 1. Personificación de la córnea.



Figura 2. Personificación del iris y pupila.



Figura 3. Personificación del cristalino.

La visión: el mensaje mejor contado

Vision: the best message ever told

Regina Thalia Ávila Rueda¹, Zurisaddai Hernández Gallegos²,
Pedro Navarro Santos²

Escuela de Estudios Superiores Interdisciplinarios, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, (UMSNH). 2. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: pedro.navarro@umich.mx

Resumen. ¿Alguna vez te has preguntado qué hay detrás de un simple abrir y cerrar de ojos? Observar nuestro entorno no es tan simple como usualmente creemos, la visión requiere de la comunicación de muchas partes de nuestro cuerpo, a las cuales llamamos en conjunto sistema visual. La visión se divide en tres etapas: la óptica, donde la luz atraviesa el ojo; la química, donde la luz se convierte en impulsos eléctricos y la neurológica donde se forman imágenes en el cerebro. El bienestar de cada integrante de nuestro sistema visual puede verse en peligro por tener hábitos poco saludables como una dieta desequilibrada y la falta actividad física, lo que conlleva al desarrollo de diversas enfermedades que pueden disminuir la calidad de nuestra vista o hasta provocar ceguera. Conocer a los responsables de que puedas percibir tu alrededor día a día, te ayudará a comprender el porque es tan importante cuidarlos.

Palabras clave: sistema visual, ojo, comunicación

Abstract. Have you ever wondered what is behind a simple blink? Looking into our environment isn't as simple as we usually think, the vision requires the communication of a lot of parts of our body, which together form what we call visual system. The vision can be divided into 3 stages: optical, in which the light travels through the eye; chemical, where the light is converted into electric impulses and neurological where the images are created in the brain. The welfare of each part of our visual system can be triggered by unhealthy habits like an unbalanced diet and the lack of physical activity, leading to the development of diverse diseases that can decrease the quality of our vision or even lead to blindness. Acknowledging the ones that help you look around day by day will help you understand why it is so important to take care of them.

Key words: visual system, eye, communication

Todos los días abrimos los ojos y el mundo aparece: colores, formas, movimiento, nitidez, esta actividad que parece sencilla esconde un proceso biológico complejo y fascinante: el fenómeno de la visión. La visión es el proceso de formación de imágenes y es posible gracias a la comunicación de los integrantes de nuestro sistema visual. De forma normal la luz es refractada por diferentes estructuras del ojo hasta la retina, ahí se genera un impulso eléctrico que llega hasta nuestro cerebro para que podamos ver, pero ¿qué sucede en cada una de estas partes?

Para entenderlo mejor imaginemos que la luz del exterior es una información impactante que queremos contar. La primera en comunicarlo es la córnea, esta es una estructura transparente que protege a las otras partes del ojo del exterior (Guyton y Hall, 2011), como una clase de guardia o policía que impide el paso de agentes que pueden llegar a dañar el sistema ocular (Fig. 1). La córnea comunica lo

que está pasando a sus mejores amigos, una pareja codependiente conformada por el iris y la pupila.

El iris es un personaje de mucho estilo que siempre se hace notar, tan así que es el responsable de darle color a nuestro ojo, el cual está en función de la cantidad de melanina, un pigmento encargado de proteger al ojo de luz UV, grandes cantidades crean ojos cafés y menores verdes y azules (Dorgaleleh *et al.*, 2020). Por su lado, la pupila es tímida y cambiante, según la cantidad de luz presente en el exterior, se dilata o contrae; ante mucha luz se contrae y con menos se dilata. Este movimiento está controlado por el iris, sus fibras musculares circulares se contraen para disminuir el tamaño de la pupila y las fibras musculares radiales para aumentarlo (Higashida, 2013), el iris actúa como un novio controlador que dicta el comportamiento de su pareja (la pupila) (Fig. 2).

El cristalino es una lente transparente flexible con dos superficies



Figura 4. Personificación del humor vítreo.

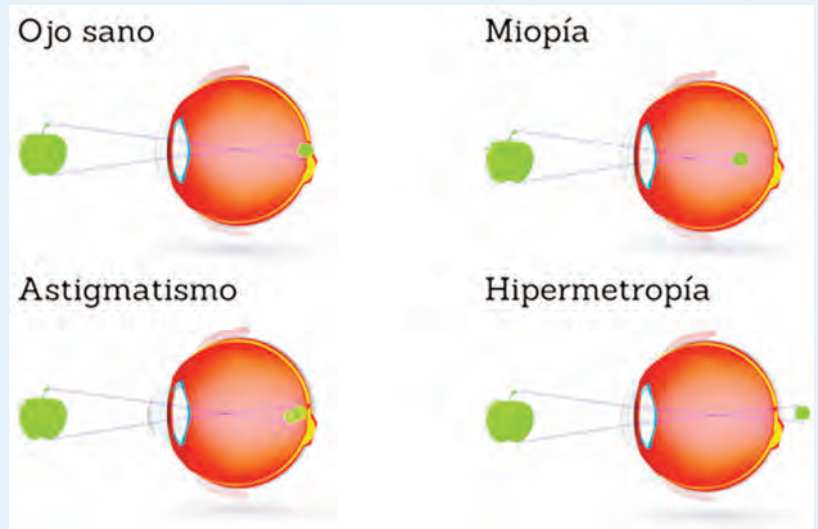


Figura 5. Errores refractivos no corregidos. (Tomado de óptima visión, s. f.).

convexas opuestas, sin irrigación sanguínea, su función es tan precisa que inspiró el desarrollo de lentes ópticos y cámaras fotográficas. Esta es la estructura más curiosa de todas, ya que hace de todo para enterarse de eso que quiere saber (Fig. 3), lleva a cabo un proceso que se llama acomodación, el cual consiste en realizar modificaciones estructurales sobre si mismo para poder ver algo, cuando miramos de lejos, el cristalino se aplanan y cuando enfocamos algo cercano, se vuelve más esférico (Lim *et al.*, 2020).

Las fallas en su función pueden desencadenar complicaciones como la presbicia, mejor conocida como vista cansada, donde el cristalino se endurece impidiendo que realice el proceso de acomodación y por lo tanto, las personas tienen dificultad para ver cerca. Otra afección que ocurre en este tejido es la catarata, donde el cristalino

se opaca impidiendo el paso de la luz, lo que conlleva a una visión borrosa o nula. Las principales causas de la catarata son el envejecimiento y la diabetes (Guyton y Hall, 2011).

El humor vítreo es un líquido gelatinoso que se compone de agua, colágeno y nutrientes, es el responsable de darle forma al ojo, alimentar las estructuras de este y pasarle el mensaje a la retina (Lim *et al.*, 2020), (Fig. 4). Sin embargo, su existencia debe estar bien controlada, cantidades excesivas de humor vítreo pueden aumentar la presión intraocular y ocasionar un padecimiento llamado glaucoma.

Una enfermedad en la cual la presión intraocular aumenta de forma patológica, y daña los axones del nervio óptico lo que causa ceguera. Algunos factores de riesgo para el desarrollo de glaucoma son la diabetes, genética y la

hipertensión arterial (Guyton y Hall, 2011).

En un ojo sano no hay lugar para un “teléfono descompuesto”, todas las estructuras son excelentes mensajeros que no alteran lo que quieren comunicar, la luz cambia de dirección al pasar por las diferentes partes del ojo, este fenómeno es conocido como refracción, podríamos explicar la refracción como eso que le agrega cada persona al mensaje para hacerlo más interesante, lo suficiente para que se propague, pero sin modificar lo principal. Gracias a que el índice de refracción de cada parte es ideal, el mensaje (la luz) llega sin distorsión a la retina. Los errores refractivos no corregidos son problemas de la visión ocasionados por las formas anormales de las estructuras, lo que altera su índice de refracción (Guyton y Hall, 2011), es decir, son malos mensajeros que



Figura 6. Personificación de la retina.



Figura 7. Personificación de los fotorreceptores y nervio óptico.

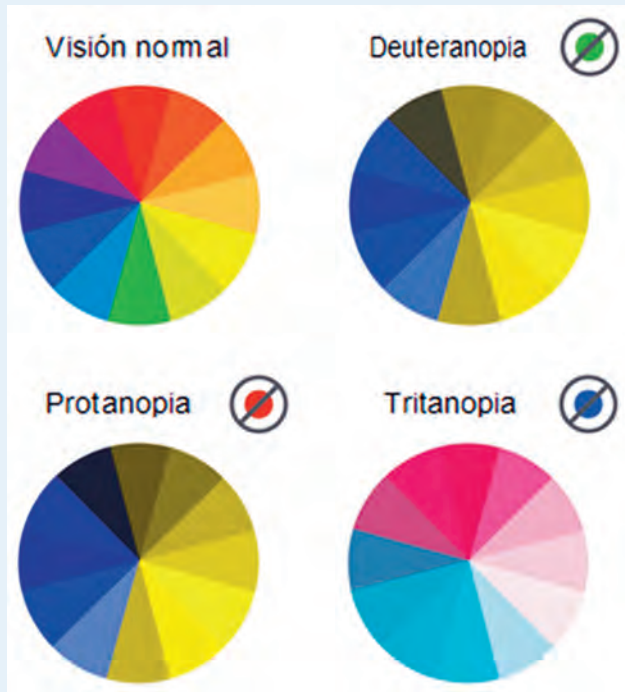


Figura 8. Tipos de daltonismo (Modificado de Clínica González Costea, s.f.).



Figura 9. La corteza visual.

generan un “teléfono descompuesto”. La miopía, hipermetropía y el astigmatismo son errores refractivos no corregidos (Fig. 5). La miopía se da cuando el globo ocular es más largo que lo normal, así la luz se refracta antes de la retina, lo que dificulta ver de cerca. Caso contrario a lo que pasa en la hipermetropía, donde el globo ocular es anormalmente largo, aquí se presenta dificultad para ver de lejos porque la luz se refracta después de la retina.

Por último, el astigmatismo se origina porque la córnea es una mala comunicadora ya que su curvatura es mayor que la usual, lo que cambia todo el mensaje y crea una visión distorsionada. Las personas que tienen alguno de estos errores refractivos usan lentes que modifican la dirección de la luz para que llegue a la retina y así puedan ver de forma clara (Higashida, 2013).

Por otro lado, podríamos imaginarnos a la retina como una clase de celebridad o influencer (Fig. 6) que se quedó tan impactada con el mensaje que decidió contarle en sus redes sociales y sus seguidores, los fotorreceptores, van a encargarse de que todo el mundo se entere, tan así que hasta cambiarán de idioma este mensaje (Fig. 7). En términos biológicos, la fototransducción es el proceso mediante

el cual la luz que llegó a la retina se traduce a impulsos eléctricos con ayuda de los fotorreceptores. Los fotorreceptores pueden ser bastones o conos (Guyton y Hall, 2011). Los conos los utilizamos en presencia de luz y nos sirven para distinguir colores.

El ser humano cuenta con 3 tipos de conos, cada uno nos ayuda para ver en una longitud de onda distinta, tenemos conos para el rojo, azul y verde. El daltonismo es una patología donde la visión de colores se altera por la ausencia de algún tipo de cono: se le llama protanopia cuando se carece de conos rojos, deuteranopia para verdes y la tritanopatía para azules (Guyton y Hall, 2011) (Fig. 8). Aunque contar con menos de 3 tipos de conos es una anomalía en humanos, para algunos animales es la normalidad, como es el caso de perros, gatos y toros (Bayón, 2025).

Los bastones son los encargados de comunicar cuando nos encontramos en condiciones de oscuridad y nos permiten distinguir entre blanco y negro. Cuentan con una proteína llamada rodopsina, la cual genera impulsos eléctricos, estos salen del globo ocular por el nervio óptico (Fig. 7) y hacen dos paradas importantes antes de llegar a su destino. La primera, es en el quiasma óptico una región que regula el

ritmo circadiano, es decir ¡nuestro sistema visual no solo se relaciona con la visión!, sino también con como nos desarrollamos en nuestro día a día, nuestra temperatura corporal y la hora en que nos da sueño y hambre. La segunda estación es el tálamo, el cual se encarga de generar memoria, gracias a esta zona podemos reconocer objetos y a nuestros seres queridos al momento de verlos (Guyton y Hall, 2011), podríamos decir que aquí el mensaje genera su huella digital.

Finalmente, este mensaje llegó a su destino: la corteza visual (Fig. 9), esta es una parte del cerebro que se encarga de reconocer objetos, colores, formas y movimiento (Higashida, 2013). De esta forma el mensaje se volvió internacional o más bien, nosotros podemos ver. Las afecciones en la corteza visual pueden ocasionar pérdidas en el entendimiento de la información visual, por ejemplo, la agnosia es una patología donde la persona no reconoce los objetos o caras a pesar de ver y alexia es la incapacidad de leer tras una lesión en la corteza visual (Alduais *et al.*, 2024).

Ahora comprenderás que detrás de un simple abrir y cerrar de ojos existen diferentes partes de tu cuerpo comunicándose y trabajando en conjunto para mostrarte el exterior, por eso es importante mencionar que si

queremos que las estructuras de nuestro sistema visual sigan comunicándose felizmente debemos mantener hábitos saludables como una dieta sana, realizar actividad física, usar lentes de sol y moderar nuestro uso de pantallas. Así, nuestros ojos podrán seguir contándonos el mejor mensaje de todos: el del mundo que nos rodea.

Conclusión

La visión es un proceso complejo en el cual la luz atraviesa diversas estructuras, en la etapa óptica viaja por la córnea, pupila, iris, humor vítreo y retina; en la química los fotorreceptores de la retina convierten la luz en impulsos eléctricos y en la neurológica el nervio óptico transporta el impulso eléctrico hasta la corteza visual. Las principales causas de fallas en la visión son la genética, traumatismos, hipertensión arterial y diabetes, estas dos últimas se relacionan con hábitos poco saludables. Mantener un estilo de vida sano es fundamental para tener una buena visión.

Referencias

- Alduais, A., Alarifi, H. S. y Alfadda, H. (2024). Neuropsychological diagnosis and assessment of Alexia: A mixed-methods study. *Brain Sciences*, 14(7), 636. <https://doi.org/10.3390/brainsci14070636>
- Bayón, A. (2025, 11 de febrero). *Visión animal: 3 animales que ven mejor que los humanos*. Muy interesante. <https://muyinteresante.okdiario.com/naturaleza/21480.html>
- Dorgaleleh, S., Naghipoor, K., Barahouie, A., Dastaviz, F. y Oladnabi, M. (2020). Molecular and biochemical mechanisms of human iris color: A comprehensive review. *Journal of Cellular Physiology*, 235(12), 8972-8982. <https://doi.org/10.1002/jcp.29824>
- Guyton, A. C. y Hall, J. E. (2011). *Tratado de fisiología médica*. (12.^a ed.). <https://booksmedicos.org/guyton-y-hall-compendio-de-fisiologia-medica-12a-edicion/>
- Higashida, B. (2013). *Ciencias de la salud*. (7.^a ed.). Mc Graw Hill.
- Lim, J. C., Grey, A. C., Zahraei, A. y Donaldson, P. J. (2020). Age-dependent changes in glutathione metabolism pathways in the lens: new insights into therapeutic strategies to prevent cataract formation—a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 48(8), 1031-1042. <https://doi.org/10.1111/ceo.13801>

Los ecosistemas del planeta habitan en nuestra mirada

The Earth's ecosystems dwell in our gaze

Jocelyn Paleo Vázquez, Alberto Flores García y Juan Carlos Jiménez Cruz

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Contacto: juan.carlos.jimenez@umich.mx

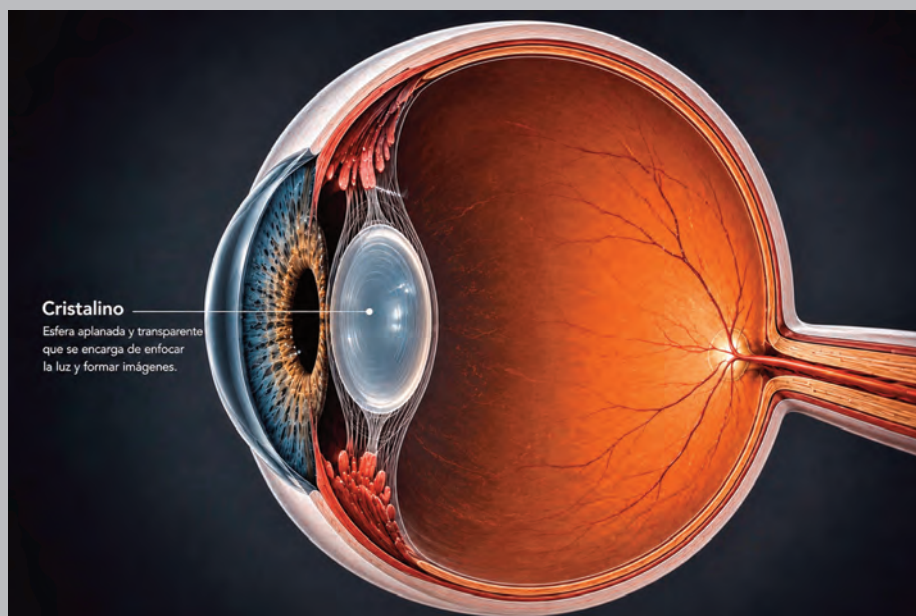


Figura 1. Representación anatómica del ojo. Ubicación del cristalino.

Nota. Imagen generada mediante inteligencia artificial con ChatGPT de OpenAI (2026).

Resumen. ¿Alguna vez imaginaste que existieran células vacías? ¡Existen! Y habitan dentro de tus ojos. En el cristalino, algunas células deciden deshacerse de su maquinaria para ser transparentes y formar las imágenes que observamos. El proceso en el que las células eliminan sus máquinas crea un escenario dentro del cristalino muy similar a lo que observamos en la naturaleza, paisajes muy diferentes, desde megadiversos como los bosques o selvas tropicales, hasta austeros como un desierto helado. Estos lugares, por vacíos que parezcan, no lo están: cumplen con funciones especiales y existen con algún propósito.

Palabras clave: célula, cristalino del ojo, biodiversidad.

Abstract. Have you ever imagined that empty cells could exist? They do—and they live inside your eyes. In the eye lens, some cells choose to get rid of their internal machinery so they can become transparent and help form the images we see. This process, in which cells eliminate their machinery, creates a scenario inside the lens that is very similar to what we see in nature: very different landscapes, ranging from highly diverse ones such as forests or tropical rainforests, to austere environments like an icy desert. These places, even if they seem empty, are not truly empty. They fulfill special functions and exist for a purpose. What appears to be empty is not always boring and, sometimes, it is exactly what we need in order to see clearly.

Keywords: cell, eye lens, biodiversity.

Las células son como pequeñas industrias, en ellas se esconde una inmensa maquinaria para que trabajen: los organelos. Cada uno de ellos cumple una función de suma importancia

para mantener vivas a las células, algunos realizan actividades como obtener energía (mitocondrias), fabricar proteínas (ribosomas), transportar proteínas (aparato de Golgi), reciclar y limpiar

sustancias que entran a la célula (lisosomas), dirigir a los demás organelos (núcleo), entre otros. Pero qué tal si te digo que existe un lugar en tu cuerpo donde las células no tienen organelos, ni una sola máquina y siguen funcionando con normalidad ¿me creerías? Verás, dentro de nuestro ojo existe una estructura parecida a una esfera un poco aplanada que se llama cristalino (Fig. 1), él se encarga de enfocar toda la luz que nuestro ojo recibe y convertirla en una señal que forma las imágenes que observamos todo el tiempo, ahora mismo lo estás utilizando para leer esto.

Para que este fenómeno se lleve a cabo es necesario que el cristalino sea totalmente transparente, como una ventana limpia que deja pasar toda la luz, he aquí un obstáculo: ¡los organelos no son transparentes! (Bassnett, 2009). Por esta razón, las células del cristalino han ideado un plan en el que se deshacen de ellos para poder reflejar la luz sin mayor problema, lo cual es todo un reto porque los organelos cumplen funciones importantes. La estructura del cristalino del ojo de afuera hacia adentro consiste en una capa externa donde las células tienen organelos, una zona donde inicia la transformación de las células y finalmente una zona libre de organelos, totalmente desalojada (Fig. 2) (Bassnett, 2009; Wride, 2011).

A menudo pensamos que el funcionamiento del ojo es algo complicado de entender, pero basta con observar cómo se organiza el cristalino para descubrir que sus células se comportan de una manera muy parecida a los paisajes que conocemos en la Tierra. Imagina entonces que la capa externa es un país como México (Sarukhán *et al.*, 2009), donde existe una gran variedad de ecosistemas: lagos, bosques, selvas, arrecifes de coral, manglares y demás. Todos ellos, aunque muy diferentes entre sí, tienen algo en común: una gran cantidad de seres vivos, entre ellos plantas, animales, hongos y todo lo que te puedas imaginar.

En estas regiones habitan muchísimos individuos que interactúan entre sí y llevan a cabo distintas actividades que ayudan a mantener vivo el ecosistema entero, igual que los organelos trabajan para mantener vivas

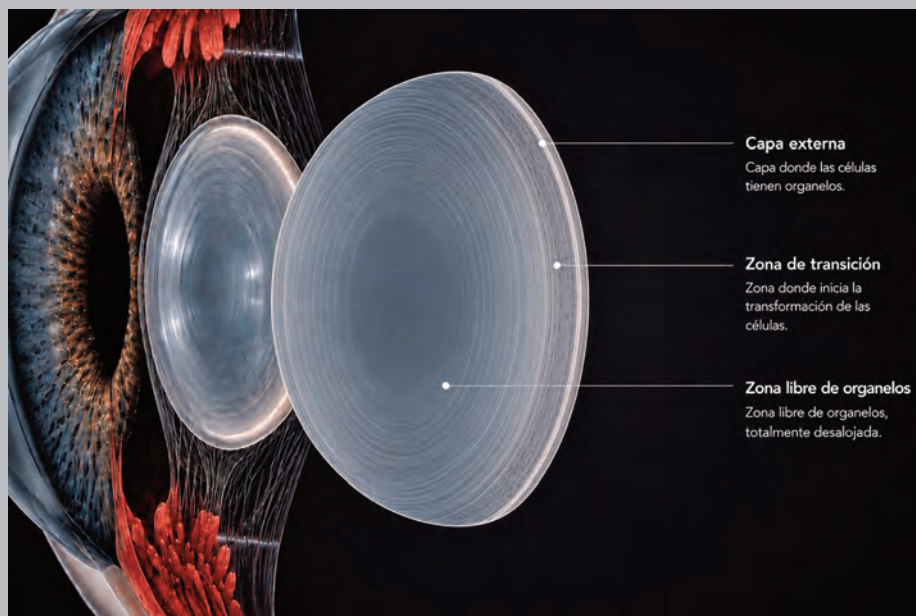


Figura 2. División estructural del cristalino en tres regiones clave: la capa externa, la zona de transición y el núcleo. Nota. Imagen generada mediante inteligencia artificial con ChatGPT de OpenAI (2026).

a las células ¿ya viste qué parecidos son? mientras que en México existen muchos ecosistemas que albergan distintos seres vivos como ajolotes, magueyes, pinos y huitlacoche (Begon *et al.*, 2006), las células de la capa externa tienen organelos como mitocondrias, núcleo, ribosomas, etc.

Ahora bien, existen lugares en el mundo donde la diversidad de los ecosistemas es muy baja o casi nula, como las tundras heladas, las taigas, las zonas abisales del océano, o los desiertos helados, donde los pocos seres vivos que habitan allí se mantienen a partir de recursos mínimos, y por lo tanto hay una menor población; sin embargo, los seres vivos que pertenecen a estas regiones son muy especiales debido a que se han adaptado para existir en esos lugares y cumplir una función muy específica (Goudie, 2001).

Algo muy parecido a lo que encontramos en el núcleo del cristalino, donde no hay organelos, pero, las estructuras que prevalecen son muy especiales para el objetivo principal del ojo: formar las imágenes que observamos. En un lugar como México que se caracteriza por tener muchísimas especies y que, en consecuencia, hace que más seres vivos quieran estar ahí es muy parecido a las células de la capa externa donde interactúan distintos organelos que funcionan como máquinas

de cada una de las células que habitan en esa zona. En cambio, las zonas menos megadiversas como las tundras heladas o la Antártica mantienen su integridad con el mínimo de recursos, se parecen más a la zona del núcleo del cristalino, menos diversidad o nula diversidad de organelos, pero con una sola función indispensable: permitir el paso de la luz.

¿Y qué pasa con la zona de transición? La zona de transición la podemos comparar con un desierto cálido, donde la vida aún late, pero se va volviendo más selectiva y un poco austera, las poblaciones se concentran en oasis y los seres vivos están adaptados para vivir en las condiciones con pocos recursos (Fig. 3) (Goudie, 2001).

Al igual que en las células del cristalino, algunos organelos existen aquí pero ya no están todos los de la capa externa, es como las hormigas o las serpientes que podríamos encontrar en una selva tropical, y que también habitan en un desierto cálido, pero no podríamos hablar de que existieran monos o guacamayas en el desierto ¿verdad?... Así como en el cristalino, cada célula cumple con un papel (unas conservan sus organelos para nutrir, proteger y sobrevivir, mientras que otras los pierden para dejar pasar la luz), en la Tierra cada ecosistema cumple una función distinta dentro del gran ojo del planeta.

Entonces, ¿de qué depende que algunas zonas sean más diversas que otras?

En el planeta Tierra, existen algunos factores que influyen en la diferencia que promueve la diversidad entre ecosistemas, como la zona geográfica, la altura, la presencia o ausencia del agua, el clima, y de manera particular, la presencia de oxígeno (Goudie, 2001; Begon *et al.*, 2006).

El oxígeno es un gas que además de ser fundamental en la respiración de muchos organismos, también determina cuánta energía puede obtenerse y qué tan complejas pueden ser las formas de vida. En las regiones donde el oxígeno abunda, los ecosistemas tienden a ser más diversos y con mayor número de organismos, mientras que en los ambientes limitados o donde el oxígeno es totalmente inexistente, la vida se simplifica y se ve obligada a adoptar estrategias de supervivencia más austeras (Begon *et al.*, 2006).

De esta manera, el oxígeno funciona como un limitante en los ecosistemas, entre menos oxígeno haya, menos diversidad encontraremos. Así como en el planeta la abundancia de oxígeno determina qué organismos pueden habitar un ecosistema, en el cristalino del ojo sucede lo mismo.

¿Recuerdas que el cristalino debe ser como una ventana totalmente transparente? Para que esto sea posible, el cristalino no tiene vasos sanguíneos

como todos los otros órganos de nuestro cuerpo, por lo que obtiene oxígeno a través de las células de la capa externa, pero no alcanza a llegar hasta el interior del cristalino, el oxígeno va disminuyendo entre más se acerca al núcleo: las células de la capa externa se desarrollan en un entorno oxigenado, mientras que las del centro se enfrentan a una hipoxia, es decir, una condición de poco oxígeno, que se vuelve más extrema conforme avanza hacia el núcleo (Brennan *et al.*, 2020).

En los ecosistemas, los ambientes pobres de oxígeno, como las zonas abisales del océano o las tundras heladas, no se pueden dar el lujo de alojar organismos que necesitan muchísima energía porque no es viable, en cambio, solamente sobreviven organismos con adaptaciones muy específicas para estas condiciones (Goudie, 2001).

De manera igual sucede en el cristalino, ya que sus células deben ajustar su maquinaria para poder existir en un ambiente donde el oxígeno es muy limitado. Lo curioso es que en esta adaptación, no se modificaron los organelos para dejar pasar la luz, sino que, en un camino más simple, las células del cristalino decidieron deshacerse de esta maquinaria (Wride, 2011; Brennan *et al.*, 2020).

Muchas veces pensamos que las zonas del cristalino que parecen más vacías o simples son menos importantes,

pero en realidad esas células, al haber perdido casi toda su maquinaria, representan una de las adaptaciones más sofisticadas del ojo para permitir el paso limpio de la luz. La próxima vez que te encuentres con un paisaje desértico o helado, recuerda que también cumple una función vital y existe por algún motivo. Esas regiones, igual que las células más internas del cristalino, hacen posible la transparencia que permite ver el mundo. Porque al final, todas las partes, del ojo o del planeta, comparten algo esencial: dan vida y permiten ver la luz.

La vida en el planeta y en nuestros ojos adopta formas distintas en cada rincón, pero converge en un mismo propósito: existir, persistir y seguir iluminando con lo que tiene. Quizá, sin darnos cuenta, el paisaje en nuestros ojos nos permite ver el mundo con claridad.

Referencias

- Bassnett, S. (2009). On the mechanism of organelle degradation in the vertebrate lens. *Experimental Eye Research*, 88(2), 133-139. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2008.08.017>
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems* (4.ª ed.). Blackwell Publishing.
- Brennan, L., Disatham, J., & Kantorow, M. (2020). Hypoxia regulates the degradation of non-nuclear organelles during lens differentiation through activation of HIF1a. *Experimental Eye Research*, 198, 108129. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2020.108129>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2009). *Capital natural de México: Síntesis. Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. CONABIO. <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/7108.pdf>
- Goudie, A. S. (2001). *The Nature of the Environment* (4.ª ed.). Blackwell Publishers.
- OpenAI. (2026). Representaciones editoriales del cristalino humano y analogías ecológicas [Imágenes generadas por IA]. ChatGPT. <https://chatgpt.com/>
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halfpeter, G., González, R., March, I., García-Mendoza, A., Anta, S., & De la Maza, J. (2009). *Capital natural de México: Estado de conservación y tendencias de cambio* (Vol. II). CONABIO.
- Wride, M. A. (2011). Lens fibre cell differentiation and organelle loss: Many paths to the same end. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1568), 1219-1233. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0324>

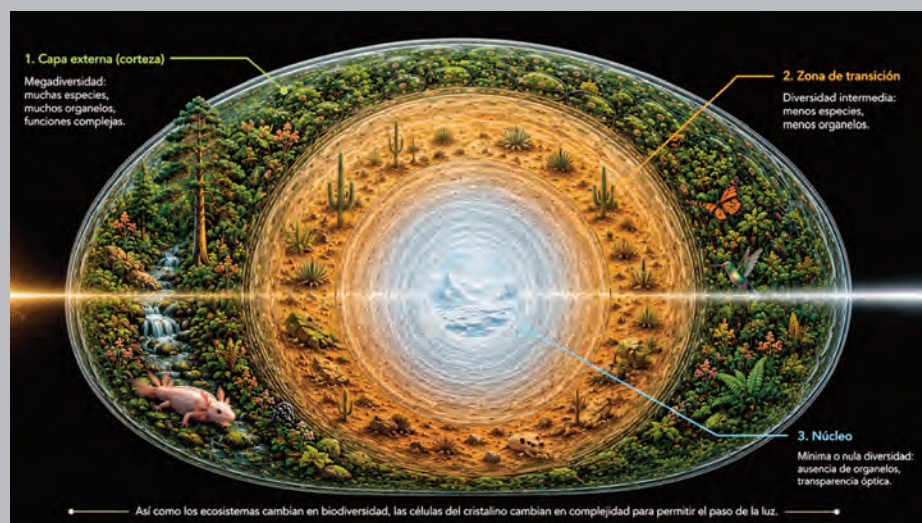


Figura 3. De la megadiversidad de México al vacío funcional del núcleo del cristalino. Nota. Imagen generada mediante inteligencia artificial con ChatGPT de OpenAI (2026).

Tu intestino habla... y tu cerebro escucha

Your gut speaks...your brain listens

Sofía Buenrostro Flores, Marlene Estefanía Campos Morales
y Lorena Martínez Alcantar

Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: lorena.martinez@umich.mx

Resumen. La relación entre la salud digestiva y el bienestar general ha sido reconocida desde tiempos antiguos. Hipócrates, considerado el padre de la medicina, afirmaba que “todas las enfermedades comienzan en el intestino” y que “la muerte se encuentra en los intestinos”. Esta conexión ha sido recientemente respaldada por avances científicos que revelan el papel fundamental de la microbiota intestinal (MI): una vasta comunidad de microorganismos que residen en el tracto gastrointestinal y que no solo facilita la digestión y la absorción de nutrientes, sino que también regula varios sistemas, actúa como barrera protectora contra patógenos y mantiene una estrecha comunicación con el cerebro. Cuando se produce un desequilibrio en esta comunidad, se pueden desencadenar diversas enfermedades tanto gastrointestinales como sistémicas, incluyendo desórdenes y enfermedades mentales, las cuales se encuentran reguladas a través del eje intestino-cerebro. Hoy en día, el eje intestino-cerebro se describe como una vía compleja de comunicación bidireccional entre el sistema nervioso entérico y el sistema nervioso central, que influye en la salud mental y está relacionada con trastornos como la ansiedad y la depresión. La microbiota intestinal interviene en esta comunicación a través de la producción de compuestos bioactivos que afectan tanto al intestino como al cerebro, lo que resalta la importancia de mantener un equilibrio en la MI para promover el bienestar integral.

Palabras clave: Microbiota intestinal (MI), neurotransmisores, eje cerebro-intestino.

Abstract. The relation between digestive health and overall wellbeing has been known since ancient times. Hippocrates, the founding father of medicine, claimed that «all disease begins in the gut» and that «death resides in the intestines». This connection has recently been supported by scientific advances, and thus, revealing the fundamental role of gut microbiota: a community of microorganisms residing in the gastrointestinal tract. These microorganisms not only help digestion and nutrient absorption but also regulate various systems and act as a protective barrier against pathogens and are actively involved with the brain. When this community becomes unbalanced, it can trigger a range of gastrointestinal and systemic diseases, including mental disorders and neurological conditions, which are mediated through the gut-brain axis. Nowadays, the gut-brain axis has been described as a complex bidirectional communication between the enteric nervous system and central nervous system, affecting mental health and contributing to the development of disorders such as anxiety and depression. The gut microbiota (GM) participates in the communication through the production of bioactive compounds that exert effects on both the gut and the brain, highlighting the importance of maintaining a balance to promote overall wellbeing.

Key words: Gut microbiota, neurotransmitter, brain-gut axis.

La comunidad científica recientemente ha comenzado a apreciar que el cuerpo humano está compuesto de mucho más que células humanas, conteniendo aproximadamente 10^{14} células microbianas y un cuatrillón de virus en y sobre nuestros cuerpos, es así que estos asociados microbianos son los que constituyen nuestra microbiota, mientras que el término microbioma se utiliza para referirse al conjunto de esa microbiota, sus genes y metabolitos que se producen en un entorno específico (Aguilera *et al.*, 2024 y Clemente *et al.*, 2012).

Dentro de este vasto universo invisible, uno de los ecosistemas más fascinantes es la microbiota intestinal

(MI). Este complejo formado por millones de microorganismos reside mayoritariamente en el colon, actuando como un auténtico biorreactor anaerobio. Allí, las bacterias son mayoría, pero no están solas: también residen hongos, arqueas, protozoarios y virus.

Gracias a millones de años de coevolución entre el ser humano y estos organismos, se ha establecido una relación de comensalismo-simbiosis, en la que ambos salen ganando: el hospedador provee un ecosistema adecuado, con nutrientes suficientes para la microbiota, mientras que, la microbiota ayuda al mantenimiento de la homeostasis y protege contra enfermedades (Chandrasekaran *et al.*,

2024; Heijtz *et al.*, 2011; Shen *et al.*, 2025). La MI produce compuestos biológicamente activos que impactan en varios aspectos fisiológicos. No es exagerado, por tanto, que se le conozca como el órgano endócrino más largo y voluminoso del cuerpo humano (Witkowski *et al.*, 2020).

A través de varios estudios se ha determinado que albergamos aproximadamente 1000 especies bacterianas, las cuales corresponden a los filos: *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria* y *Verrucomicrobia* (Chandrasekaran *et al.*, 2024). La composición de la MI es única en cada individuo y está influenciada por factores como el tipo de parto, la edad, la alimentación, el uso de antibióticos y otros elementos ambientales (Figura 1). Si bien aún no se ha definido la proporción óptima entre los microorganismos para una MI sana, se han identificado patrones comunes entre individuos, conocidos como enterotipos, que clasifican a la microbiota según su composición bacteriana predominante (Álvarez *et al.*, 2021).

Todo lo descrito anteriormente te puede hacer pensar que la MI tiene muchas funciones en nuestro organismo y sí, ¡es cierto! Entre sus múltiples funciones, la MI no solo participa en la digestión, la producción de vitaminas y el mantenimiento de la barrera intestinal, sino que también desempeña un papel clave en la comunicación con el sistema nervioso. Influye de forma significativa en la producción y señalización de neurotransmisores, afectando la función cerebral y el comportamiento. Las bacterias pueden sintetizar neurotransmisores de manera directa, generar sus precursores o modular la producción de estos por parte de las células del hospedador. Esta relación es bidireccional: el cerebro, a través de diversas vías neuroendocrinas e inmunológicas, modula la composición y actividad de la microbiota intestinal, conformando un diálogo constante que impacta en la salud tanto física como mental.

¿Cómo es que la MI tiene efecto en el cerebro?

El eje intestino-cerebro es un sistema de comunicación que conecta el tracto gastrointestinal con el sistema nervioso central. Está compuesto principalmente por el Sistema Nervioso Entérico (SNE)

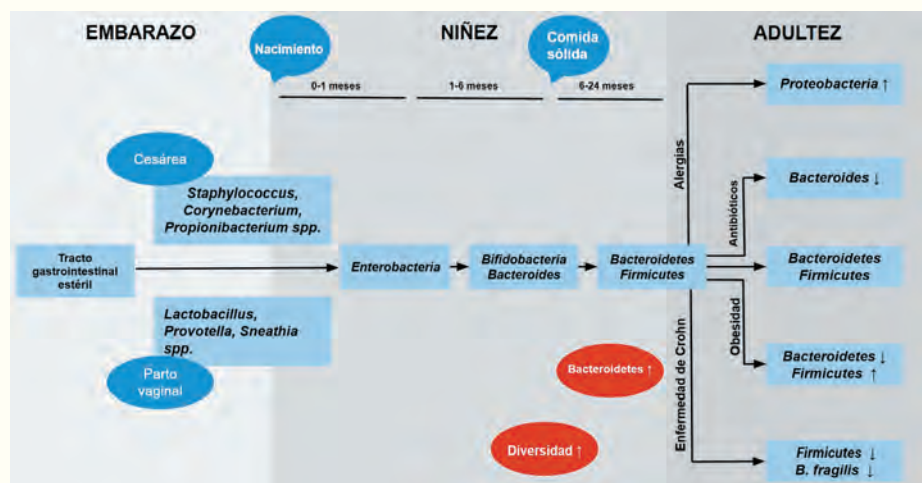


Fig. 1. Imagen ilustrativa de las tres etapas por las que pasa la microbiota intestinal a lo largo de la vida. Durante el embarazo, el feto presenta un tracto gastrointestinal estéril hasta el nacimiento, momento en el cual ocurre la colonización inicial, influenciada por el tipo de parto. A medida que el individuo crece y se introducen alimentos sólidos, la microbiota aumenta en número y diversidad, hasta converger en una composición similar a la del adulto. En la edad adulta se establece una microbiota relativamente estable que varía entre cada individuo dependiendo de su contexto y estilo de vida (Modificado de Clemente *et al.*, 2012).

(conocido como “segundo cerebro”), el Sistema Nervioso Autónomo (SNA), el Sistema Inmune Intestinal (SII) y la MI. Entre los mecanismos clave de esta interacción, destaca la producción de neurotransmisores por parte de la microbiota, que pueden actuar mediante cuatro mecanismos principales: (1) mediante señalización local, regulando la motilidad, secreción y función de la barrera intestinal; (2) a través de señalización sistémica, atravesando la barrera intestinal hacia la sangre, o modulando la síntesis de neurotransmisores en el cerebro; (3) por estimulación neural, activando las fibras del nervio vago que envían señales directas al sistema nervioso central; y (4) mediante la interacción con el sistema inmune, modulando la liberación de citoquinas que afectan la actividad cerebral (Ullah *et al.*, 2023). Un equilibrio adecuado en la producción y acción de estos neurotransmisores favorece un estado de ánimo estable, un funcionamiento cognitivo óptimo y un sistema digestivo saludable.

El diálogo químico entre tu intestino y tu cerebro: los neurotransmisores

Reséndiz y Nava nos comentan que el sistema nervioso está compuesto principalmente por las neuronas, y la comunicación entre estas células se da a través de los neurotransmisores, como la serotonina, la dopamina, la norepinefrina, el ácido gamma-aminobutírico (GABA) y la histamina, entre otros. Estas moléculas se unen a

receptores celulares específicos con el fin de generar una respuesta. Los neurotransmisores participan activamente en múltiples funciones cerebrales, incluyendo el control del movimiento, la regulación de las emociones, el aprendizaje y la memoria. Un desequilibrio en sus niveles puede dar lugar a trastornos neurológicos y psicológicos, como la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, los trastornos del espectro autista, la ansiedad o la depresión (Reséndiz y Nava, 2024).

En este contexto, la serotonina es un neurotransmisor clave que participa en la regulación de varios procesos

fisiológicos, como el sueño, el apetito, el comportamiento sexual, el estado de ánimo y la cognición; diversos estudios asocian su desequilibrio con la depresión clínica. Se ha reportado que bacterias como *Bacillus cereus*, *Bacillus oklahomensis*, *Acinetobacter baumannii* y *Paenibacillus* spp. pueden producir serotonina.

Por su parte, la dopamina desempeña un papel fundamental en el control del movimiento y en la regulación de las respuestas emocionales. Mantener un balance adecuado de este neurotransmisor es vital para el bienestar físico y mental, ya que su disminución se asocia con la depresión y la enfermedad de Parkinson. Estudios indican que varias especies del género *Bacillus* son productoras de dopamina. La norepinefrina, en cambio, está relacionada con la regulación de la cognición, el movimiento y el intelecto. *Clostridium* y *Escherichia coli* son bacterias productoras de norepinefrina en el lumen intestinal, es decir, el espacio interno del intestino donde transitan los alimentos en digestión y reside gran parte de la MI.

En cuanto al ácido gamma-aminobutírico (GABA), es un inhibidor del sistema nervioso central y tiene efectos antidepresivos, antihipertensivos y antidiabéticos, y su desbalance se asocia principalmente a comportamientos depresivos y maniacos, trastornos del sueño, abuso de drogas y alcohol. *Bacteroides*,

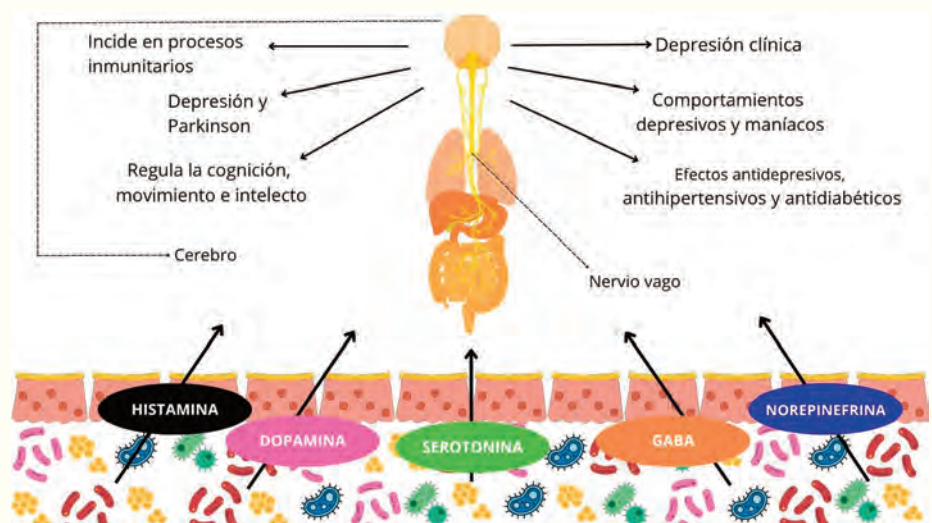


Fig. 2. Relación entre los neurotransmisores y la MI. Los óvalos de colores representan a los neurotransmisores que son sintetizados por la MI, con el fin de llegar al cerebro. Esto muestra que la MI puede modular diferentes aspectos fisiológicos y enfermedades mediante el nivel de producción de los neurotransmisores (Elaboración propia en Canva).

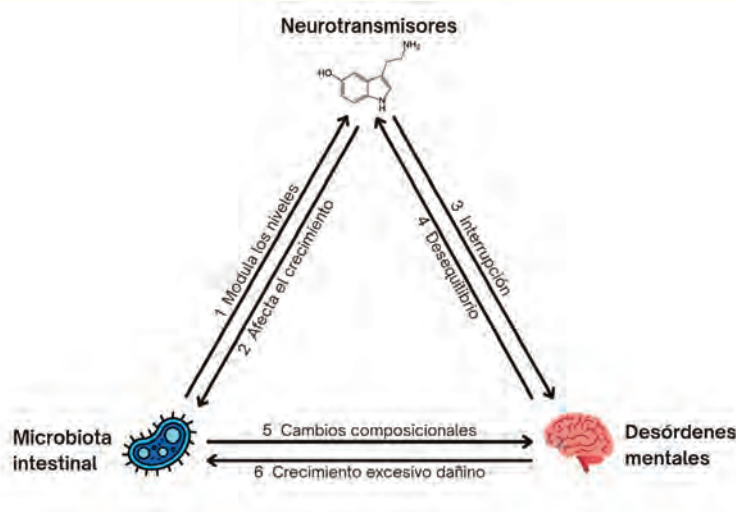


Fig. 3. Relación bidireccional entre la MI, neurotransmisores y trastornos mentales (Modificado de Liu et al., 2020).

Parabacteroides y *Escherichia coli* son bacterias que expresan vías metabólicas que producen GABA, así como el hongo *Monascus spp.* La histamina participa en diversas funciones como la regulación del ciclo sueño-vigilia, la atención, la excitación y la regulación de la ingesta de alimentos y agua. Bacterias intestinales como *E. coli* y *Limosilabacillus vaginalis* son capaces de producirla (Liu et al., 2020; Reséndiz y Nava, 2024).

El triángulo amoroso entre la MI, trastornos mentales y neurotransmisores

Liu y colaboradores (2020) señalan que la MI impacta en la salud mental por medio de los niveles de neurotransmisores que tiene el hospedador; sin embargo, esta incidencia no es una relación lineal, sino una relación bidireccional, donde el cambio en la composición y diversidad de la MI puede causar trastornos mentales. Por el contrario, los trastornos mentales pueden reducir el número y la diversidad de las bacterias benéficas y promover el crecimiento de bacterias “dañinas”. La MI tiene la capacidad de producir neurotransmisores, y estos pueden influir en su propio crecimiento y en su potencial para causar daño.

Una posible solución

Varios científicos proponen que los trastornos mentales pueden ser prevenidos y/o tratados mediante cambios en la composición y diversidad

de la MI. Estos cambios se pueden lograr a través de la alimentación, el consumo de probióticos y/o prebióticos, así como mediante técnicas que aún se encuentran en estudio, como el trasplante de microbiota fecal. Este consiste en implantar una muestra fecal de un donador sano a un receptor, con el objetivo de restablecer el equilibrio microbiano intestinal y favorecer la colonización de microorganismos benéficos. Sin embargo, esta técnica también se ha aplicado para la inducción de enfermedades en modelos animales. En un estudio realizado en ratas, se observó que al trasplantar heces e implantar la MI de una rata con comportamiento depresivo a una rata libre de MI, esta última desarrolló comportamientos depresivos al igual que su donadora. Estos hallazgos sugieren que el trasplante de microbiota fecal es una herramienta con potencial terapéutico; sin embargo, dada la estrecha relación entre la MI y el desarrollo de trastornos mentales (los cuales pueden no manifestar síntomas clínicos evidentes), su aplicación debe considerarse con cautela y bajo una evaluación rigurosa de los donantes (Liu et al., 2020).

Conclusión

Es evidente que el estudio de la MI y el eje intestino-cerebro es de gran relevancia para la comprensión de la salud y la enfermedad, debido a la relación bidireccional que existe entre ambos. Se resalta el papel fundamental de la MI en la producción de múltiples neurotransmisores que participan en el

desarrollo de trastornos mentales y diversas enfermedades, convirtiendo a la MI en una diana o un blanco terapéutico prometedor para tratar o mitigar diversas enfermedades, y de igual manera promover el estado de salud.

Bibliografía

- Aguilera, A., Martínez, L., Campos, M. E., (2024). Absorción y descomposición de nutrientes: conociendo el sistema digestivo y la microbiota. *Milenaria, Ciencia y arte*, 14(24), p. 15-19. e-ISSN: 2954-9436
- Álvarez, J., Real, J. M. F., Guarner, F., Gueimonde, M., Rodríguez, J. M., De Pipaon, M. S., & Sanz, Y. (2021). Microbiota intestinal y salud. *Gastroenterología y Hepatología*, 44(7), 519-535. <https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2021.01.009>
- Clemente, J. C., Ursell, L. K., Parfrey, L. W., & Knight, R. (2012). The Impact of the Gut Microbiota on Human Health: An Integrative View. *Cell*, 148(6), 1258-1270. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.01.035>
- Chandrasekaran, P., Weiskirchen, S., & Weiskirchen, R. (2024). Effects of Probiotics on Gut Microbiota: An Overview. *International Journal Of Molecular Sciences*, 25(11), 6022. <https://doi.org/10.3390/ijms25116022>
- Heijtz, R. D., Wang, S., Anuar, F., Qian, Y., Björkholm, B., Samuelsson, A., Hibberd, M. L., Forssberg, H., & Pettersson, S. (2011). Normal gut microbiota modulates brain development and behavior. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 108(7), 3047-3052. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010529108>
- Lange, K. W., Lange, K. M., Nakamura, Y., & Kanaya, S. (2020). Is there a role of gut microbiota in mental health? *Journal Of Food Bioactives*, 4-9. <https://doi.org/10.31665/jfb.2020.9213>
- Liu, T., Feenstra, K. A., Heringa, J., & Huang, Z. (2020). Influence of Gut Microbiota on Mental Health via Neurotransmitters: A Review. *Journal Of Artificial Intelligence For Medical Sciences*, 1(1-2), 1-14. <https://doi.org/10.2991/jaims.d.200420.001>
- Reséndiz, L., Nava, G. (2024). Homología de proteínas que codifican para neurotransmisores en el modelo aviar (*Gallus gallus*) como modelo para estudios de neurobiología. *Research in computing science*, 153(1). ISSN 1870-4069
- Shen, Y., Fan, N., Ma, S., Cheng, X., Yang, X., & Wang, G. (2025). Gut Microbiota Dysbiosis: Pathogenesis, Diseases, Prevention, and Therapy. *MedComm*, 6(5), e70168. <https://doi.org/10.1002/mco2.70168>
- Ullah, H., Arbab, S., Tian, Y., Liu, C., Chen, Y., Qijie, L., Khan, M. I. U., Hassan, I. U., & Li, K. (2023). The gut microbiota-brain axis in neurological disorder. *Frontiers In Neuroscience*, 17, 1225875. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1225875>
- Witkowski, M., Weeks, T. L., & Hazen, S. L. (2020). Gut Microbiota and Cardiovascular Disease. *Circulation Research*, 127(4), 553-570. <https://doi.org/10.1161/circresaha.120.316242>

La batalla del Siglo XXI: ¡Biotecnología vs cáncer de mama!

The Battle of the 21st Century: Biotechnology vs. Breast Cancer!

Edgardo Uriel Martínez Leal¹, Irving Alán Martínez Leal²

1. Facultad de Ciencias Químicas- Ingeniería en biotecnología, Universidad Veracruzana. Orizaba, Ver., México.

2. Facultad de Medicina- Licenciatura en Médico Cirujano, Universidad Veracruzana. Cd. Mendoza, Ver., México.

Contacto: zs19005134@estudiantes.uv.mx

Resumen. La biotecnología es una ciencia que aborda muchos sectores, con mayor auge en el enfoque médico. Uno de sus tantos usos es la detección y creación de tratamientos en contra de enfermedades, como lo es el cáncer de mama, que representa el tipo de tumor maligno más diagnosticado a nivel mundial. Por medio de biomarcadores tumorales y pruebas moleculares se logra conocer la conducta o grado de malignidad, para adecuar la estrategia terapéutica y atención de los profesionales de salud.

Palabras clave: biotecnología, cáncer, mama.

Abstract. Biotechnology is a multidisciplinary science that encompasses numerous sectors, especially in the medical field. One of its many applications is the detection and development of treatments for diseases, such as breast cancer, the most frequently diagnosed malignant tumor worldwide. Through tumor biomarkers and molecular testing, it is possible to determine the behavior or degree of malignancy to adapt the therapeutic strategy and the care provided by healthcare professionals.

Keywords: biotechnology, cancer, breast.

Introducción

La biotecnología es una ciencia con varios enfoques que tiene como principal propósito saber utilizar organismos o sistemas biológicos para la fabricación de procesos y productos que favorezcan la calidad de vida de la sociedad, esto a través de sus distintas ramas como lo son: ambiental, industrial, el mundo vegetal, animal, marino y una de las más importantes en los últimos años... la biotecnología médica (Liao et al, 2023).

Esta se centra en la producción de medicamentos, tratamientos y métodos para identificar una enfermedad; por ejemplo: el cáncer de mama (CM). A lo largo del texto, descubrirás cómo estas herramientas científicas han revolucionado la forma en que enfrentamos los problemas de salud del S.XXI.

Hablemos de cáncer de mama...

¿Alguna vez te haz preguntado cuantos casos de cáncer de mama se detectan al año? No lo crearás, pero existen indicadores que lo aproximan al 12% de la población. De acuerdo con datos estadísticos de la Organización

Mundial de la Salud (OMS) en 2022 hubo 2.29 millones de casos positivos, donde 666 mil fallecieron. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó que, durante 2023, la mortalidad en pacientes mayores de 20 años fue del 17.9 por cada 100,000 habitantes, destacando el estado de Sonora por presentar la mayor tasa de muertes. Por desgracia, durante ese mismo año se registraron 8,034 defunciones nacionales por CM, es decir, el 9.0% de fallecimientos entre los tumores malignos. Así mismo, el grupo poblacional con mayor incidencia correspondió a mujeres de entre 60 a 74 años.

Para que tengas mayor contexto, el cáncer de mama es una neoplasia maligna que se origina por un incremento de células tumorales, sin control y con un desorden estructural en el tejido mamario, debido a variaciones genéticas que desencadenan irregularidades en el cuerpo; dichas alteraciones a su vez pueden causar la extensión del CM, conocido como diseminación o metástasis.

En varias ocasiones su mal pronóstico está relacionado a la falta de ingresos económicos, tratamientos tardíos y poca información del tema en nuestro país.

La prevención secundaria de cáncer de mama busca reducir la morbilidad mediante una detección temprana, para que las probabilidades de supervivencia sean mayores. Con la finalidad de gestionar cambios oportunos con intervenciones mínimas, esta se fundamenta en un hallazgo precoz (tamizaje y autoexploración) (Gomes & Mormino, 2020).

Biomarcadores: Pistas moleculares del cáncer.

Los biomarcadores tumorales se han convertido en uno de los métodos más comunes para el diagnóstico sencillo, rápido y menos invasivo del cáncer. Estos funcionan como señales biológicas que las células malignas dejan en el organismo, antes de que la enfermedad se presente de forma alarmante. En términos generales, imagínate un biomarcador como un indicador que,

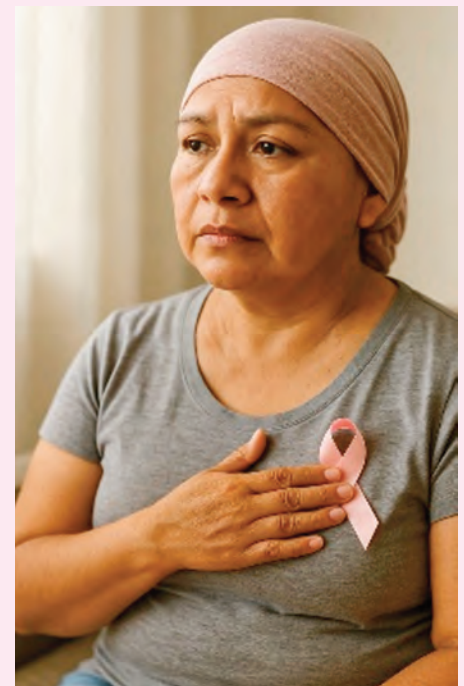


Figura 1.- Mujer con diagnóstico de cáncer.

Fuente: IA, ChatGPT.



Figura 2.-Detección de biomarcadores tumorales.
Fuente: IA, ChatGPT

Tabla 1. Subtipos moleculares del cáncer de mama

Resultados IHC de biomarcadores	Subtipo molecular	Características
RE+, RP>20%, Ki-67<20% y HER2-	Luminal A (LA)	El subtipo más frecuente y menos agresivo con buena respuesta a la terapia hormonal y crecimiento lento.
HER2-, RE+, RP<20% o Ki-67>20%	Luminal B (HER2-) (LB-)	Subtipo con agresividad intermedia y una proliferación alta de las células. Los tratamientos usados son: terapia hormonal y quimioterapia.
HER2+, RE+, RP y Ki-67 cualquier valor	Luminal B (HER+) (LB+)	Subtipo con agresividad media-alta, crecimiento de células más rápido y con terapia dirigida anti-HER2.
HER2+, RE- y RP-	HER2	Alta agresividad con proliferación rápida, común en pacientes jóvenes y buena respuesta a las terapias dirigidas anti-HER2.
RE-, RP- y HER2-	Triple negativo (TN)	Agresividad muy alta, solo responde a quimioterapias, frecuente en jóvenes, con crecimiento de células muy rápida, genera metástasis comúnmente en pulmón y pronóstico desfavorable.

mediante técnicas y pruebas, logra identificar y medir la cantidad de proteínas, ácidos nucleicos u hormonas que hay en nuestro cuerpo. Gracias a los avances de la biotecnología, estos componentes pueden ser analizados y estudiados; así cuando se detectan un exceso de concentraciones anormales de alguna de estas, como los estrógenos, es posible relacionarlo con un mayor riesgo a desarrollar cáncer de mama o de endometrio (Manuel García-Redondo, 2023).

Una vez entendido lo anterior, para esta enfermedad existen cuatro biomarcadores tumorales: RE (receptor de estrógenos), RP (receptor de progesterona), HER2 (Receptor de Crecimiento Epidérmico Humano 2) y Ki-67 (proteína reguladora de proliferación celular) los cuales, según el Consenso de Colima 2025, nos permiten clasificar la neoplasia en cinco subtipos: Triple negativo, HER2, Luminal A, Luminal B HER positivo y Luminal B HER negativo... Suena un poco confuso, ¿cierto?

Tranquilo, saber esto nos ayuda a averiguar qué tan peligroso es el tumor y la forma en que este se comporta, por ejemplo, el “Triple negativo” de acuerdo con diversas fuentes es el más agresivo de los cinco, ya que genera una metástasis rápida; todo lo contrario, al “Luminal A”, con una mejor expectativa, donde en

términos clínicos, “salen adelante”. (Kawiak,2023)

El conocer el subtipo ayuda a proporcionar un tratamiento más preciso y eficaz para cada una de las categorías del CM, aparte de proporcionar un mejor asesoramiento al paciente.

Pongamos un ejemplo, imagina que una familiar tuya sufre de cáncer de mama, esta se realiza las pruebas necesarias y en sus resultados la clasifican como una paciente de subtipo molecular HER2, de acuerdo con lo observado en los análisis inmunohistoquímicos de los biomarcadores.

A partir de esta información, es que los doctores pueden saber que el caso de tu familiar lo pueden tratar con “terapia dirigida anti-HER2”, ya que el tumor es provocado por un exceso de la proteína HER2 que favorece al crecimiento descontrolado de las células cancerígenas. Todo esto con unos resultados de biomarcadores tumorales, que sencillo, ¿verdad?

Para que entiendas un poco más acerca de los subtipos moleculares del CM, en la siguiente tabla se explica las principales características de estos y como los podemos clasificar a partir de los resultados inmunohistoquímicos (IHC) de los biomarcadores:

Biotechnólogos en acción: ¡Hechos que salvan vidas!

La biotecnología es una aliada invisible que, mediante el uso de diversos estudios, ayuda a la evaluación oportuna del cáncer de mama, tal como ocurre con la prueba de “Hibridación In Situ Fluorescente” o mejor conocida por sus siglas como “FISH”, una técnica que nos indica cambios en el protooncogén mamario HER2, a partir de sondas marcadas con fluorescencia que perciben una sobreexpresión de color con manejo de un microscopio especial (Observe Fig.3).

Otra referencia es la “Reacción en Cadena de la Polimerasa”, también llamada “PCR”, valiéndose de una replicación de genes específicos, para detectarlos y observarlos con facilidad. Dicho análisis nos permite saber si existe un daño en las secuencias que llevan por nombre BRCA1 y BRCA2, relacionados con la presencia tumoral en la mama (González, L., 2022).

Por último, uno de los procedimientos más utilizados por sus bajos costos, es la “Inmunohistoquímica” (IHC), que logra determinar el número de proteínas cancerígenas con antígenos y anticuerpos en cortes de tejidos (Magaki et al 2020).

Pero... ¡Alto! La biotecnología no solo participa en la detección del cáncer de

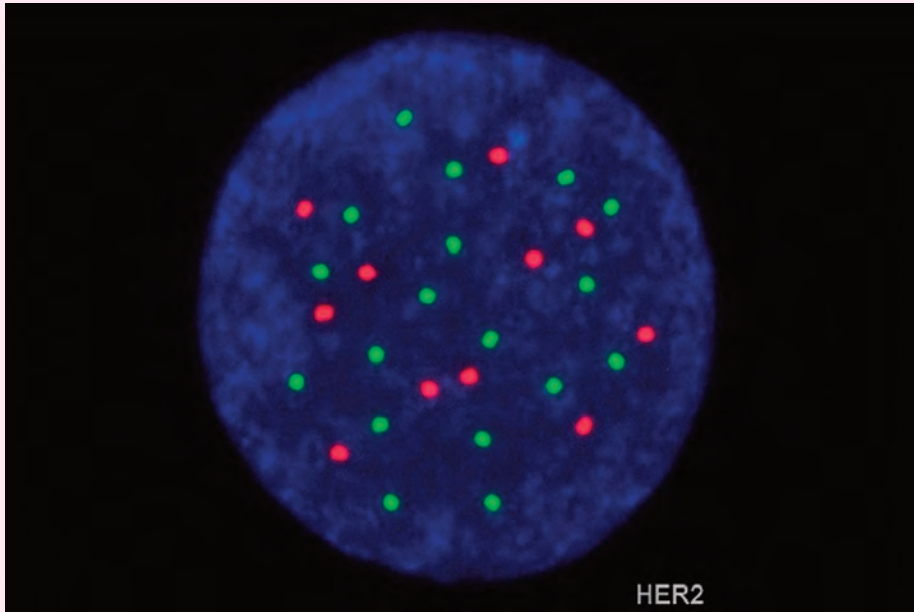


Figura 3.- Prueba Hibridación In Situ Fluorescente. Fuente: IA, ChatGPT.

Conclusión

La biotecnología es una ciencia multidisciplinaria y gracias a sus avances, de manera particular en la rama médica, hemos podido detectar y “atacar” neoplasias. Considera que aquí se abordaron unos cuantos ejemplos, sin embargo, conforme pasan los años y la ciencia se transforma, este campo de estudio toma mayor relevancia por su contribución en el control e intervención de varios problemas de salud; por ende, te invitamos a mantenerte actualizado en temas de vanguardia e innovación tecnológica que cada día se consolida como una esperanza para la oncología.

Referencias

- González, L., López, R., Domínguez, M., Gutiérrez, A. (2022). Reacción en cadena de la polimerasa. *Unidades de Apoyo para el Aprendizaje*. CUAIEED/FES Cuautitlán-UNAM. https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2162/mod_resource/content/8/contenido/index.html
- Gomes, R., Mormino, K. (2020). Histological and molecular classification of breast cancer: what do we know? *Revista Mastology*. <https://revista.mastology.emnuvens.com.br/revista/article/view/945/896>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). Estadísticas a propósito del día internacional de la lucha contra el cáncer de mama. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_LuchaCMama24.pdf
- Kawiak, A. (2024). Investigación molecular y tratamiento del cáncer de mama 2.0. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 25 (7), 3932. <https://doi.org/10.3390/ijms25073932>
- Kamalendu, D., Malabendu, J., Bhabadeb, C., Gloria, M., Debasish, R. (2025). Función de los inhibidores de PARP: Una nueva esperanza para la terapia del cáncer de mama. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 26 (6), 2773. <https://doi.org/10.3390/ijms26062773>
- Liao, C., Xiao S., Wang X. (2023). Bench-to-bedside: Translational development landscape of biotechnology in healthcare. *Health Sciences Review*, Volume 7, 100097, ISSN 2772-6320. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100097>
- García-Redondo, M., Pareja, A., López, N., Rodríguez, J. (2023). *Cáncer de mama: nueva clasificación molecular*. *Revista de senología y patología mamaria*.
- Magaki, S et al. (2020). An Introduction to the Performance of Immunohistochemistry. *Methods Mol Biol. PubMed Central*. PMID: 30539453; PMCID: PMC6749998. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6749998/>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Marco de Aplicación de la Iniciativa Mundial contra el Cáncer de Mama: evaluación, fortalecimiento y expansión de los servicios de detección precoz y tratamiento del cáncer de mama*. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240067134>

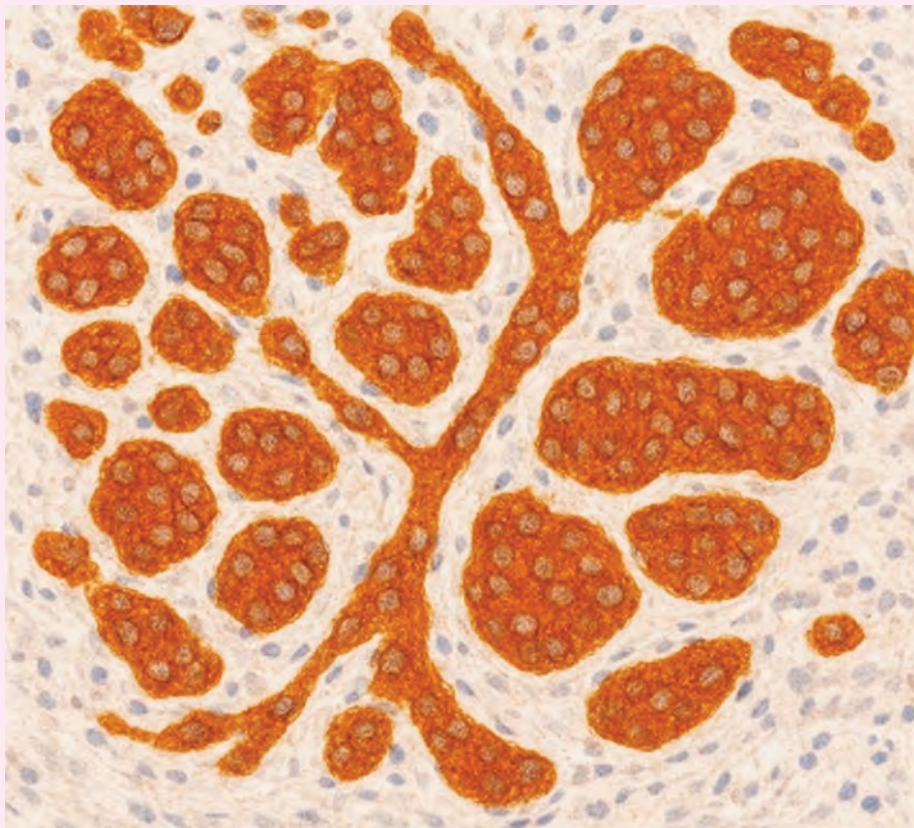


Figura 4.- Prueba Inmunohistoquímica. Fuente: IA, ChatGPT.

Un largo día siendo el hígado

Es viernes, el reloj marca las 12 del día y tu estómago ruge: no desayunaste porque la mañana estuvo repleta de pendientes, entre clases y trabajo. Un vacío incómodo comienza a instalarse y sientes ese dolor punzante que te exige comida. Sin embargo, no hay tiempo, así que decides ignorarlo. Pasan unos minutos y, para tu sorpresa, el malestar desaparece. Sigues con tu rutina como si nada hubiera pasado. ¿Acaso fue magia? No, en absoluto. Lo que ocurrió es que tu hígado ya estaba trabajando por ti: liberó reservas de glucosa (glucógeno) almacenadas en él, el combustible indispensable para tu cerebro y músculos. Mientras tú te concentrabas en tus actividades, este órgano evitó que tu nivel de azúcar en sangre descendiera peligrosamente y te desmayaras en medio del día.

Avanzamos al viernes por la tarde, ahora la historia es distinta: frente a ti tienes una hamburguesa con doble carne, queso derretido y una porción de deliciosas papas fritas. La devoras con gusto y, sin pensarlo dos veces, te vas a una reunión con tus amigos donde te esperan unos cuantos tragos. En apenas unas horas tu cuerpo ha pasado por un ayuno, un banquete de grasas y una intoxicación etílica ligera. Aun así, sigues en pie, sonríes, hablas, te mueves, ríes. ¿Quién se encargó de procesar todo ese torbellino de sustancias? Otra vez, lo hizo tu hígado.

El hígado es un verdadero maestro de la adaptación. Durante tu ayuno, liberó glucosa; con la hamburguesa, activó la producción de bilis para disolver y digerir las grasas; y, cuando llegó el alcohol, liberó su maquinaria enzimática para transformarlo en compuestos menos dañinos, evitando que el etanol circulara libremente por tu sangre como un veneno. El hígado no descansa nunca: cumple turnos diurnos y nocturnos, sin conocer vacaciones. Mientras duermes, filtra tu sangre como si fuera una planta depuradora, eliminando toxinas y desechos. Mientras comes, convierte nutrientes en moléculas útiles para tu cuerpo: aminoácidos en proteínas, grasas en energía y vitaminas en reservas (Figura 1).

Hígado: el héroe anónimo que nunca descansa

The liver: the unsung hero that never rests

Lorena Martínez Alcántar¹, Ma. Antonia Herrera Vargas² y Citlali Figueroa Guzmán¹

1. Laboratorio de Biotecnología Microbiana, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (IIQB), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
2. Laboratorio de Ecofisiología Animal. Departamento Biología Básica. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: 1634748e@umich.mx

Resumen. Cuando hablamos sobre la importancia y las increíbles funciones que cumplen los diferentes órganos del cuerpo humano, su complejidad y multifuncionalidad normalmente pensamos en el cerebro o el corazón. Pero el hígado es otro órgano sumamente importante, aunque más discreto; es el órgano interno más grande del cuerpo humano y, cumple hasta 500 funciones vitales. Gracias a él puedes ayunar sin colapsar, comer sin intoxicarte y beber sin morir en el intento. Aunque el hígado es un órgano fascinante, otros órganos logran robarle protagonismo. El alcohol y la dieta alta en grasas y carbohidratos son algunos de los factores que pueden llegar a alterar su correcto funcionamiento, pero a pesar de ello, posee una capacidad de regeneración increíble, pudiendo funcionar incluso al 30% de su masa celular.

Palabras clave: dieta, funciones vitales, regeneración

Abstract. When we talk about the importance and remarkable functions performed by the different organs of the human body, their complexity and multifunctionality usually lead us to think of the brain or the heart. However, the liver is another extremely important, though more discreet organ. It is the largest internal organ in the human body and performs up to 500 vital functions. Thanks to it, you can fast without collapsing, eat without becoming intoxicated, and drink without fatal consequences. Although the liver is a fascinating organ, others often overshadow it. Alcohol consumption and diets high in fats and carbohydrates are among the factors that can disrupt its proper functioning. Despite this, the liver has an extraordinary capacity for regeneration, being able to function even with as little as 30% of its cellular mass.

Keywords: diet, vital functions, regeneration



Figura 1. Imágenes de procesos y funciones metabólicas que realiza el hígado a lo largo del día en respuesta a diversas actividades: liberación de glucosa durante el ayuno matutino, degradación de las grasas por la tarde, desintoxicación de etanol tras el consumo de alcohol por la noche, y eliminación de toxinas durante el sueño nocturno. Imagen realizada con uso de canva, chatgpt y biorender.

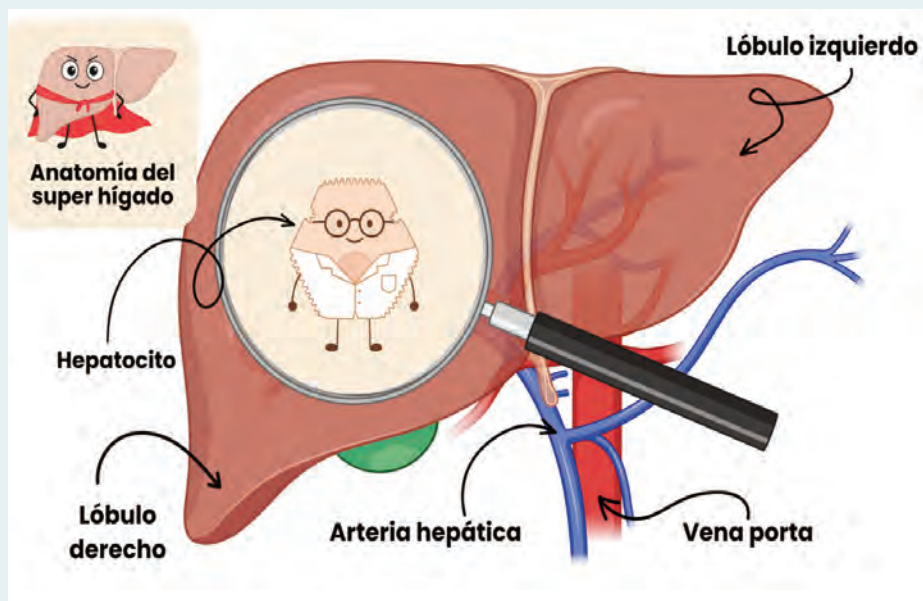


Figura 2. Anatomía básica del hígado humano, mostrando la localización de los lóbulos derecho e izquierdo, principales vasos sanguíneos (arteria hepática y vena porta) y el hepatocito como célula fundamental en las funciones metabólicas. Imagen realizada con uso de canva, chatgpt y biorender.

Funciones principales: el laboratorio interno

El hígado se divide en lóbulos, conformados por su célula especializada llamada hepatocito. Se ubica en la parte superior derecha del abdomen, y funciona como un punto de reunión de “dos grandes ríos”: la arteria hepática, que trae sangre rica en oxígeno proveniente del corazón y la vena porta (Figura 2), que trae sangre rica en nutrientes desde el intestino, estómago, bazo y páncreas (Krishna, 2014).

Una vez dentro, los hepatocitos son los encargados de examinar la sangre, como una especie de “aduana”, en donde ninguna toxina o nutriente proveniente de los intestinos pasa a circulación sin antes haber sido revisada por el hígado.

El hígado neutraliza estas sustancias mediante un complejo sistema enzimático, conocido como citocromo P450, que las transforma en compuestos solubles y fáciles de eliminar.

En esta “aduana” es donde los hepatocitos toman nutrientes, eliminan toxinas, almacenan lo útil y envían lo demás de vuelta a la circulación. Esta tarea se realiza de forma altamente eficiente, filtrando hasta 1.5 litros de sangre por minuto, por lo que, en un solo día, procesa toda la sangre del cuerpo varias veces (Rodríguez-González et al., 2014).

El hígado funciona también como “guardián” de la glucosa en sangre. Después de las comidas, el exceso de azúcar que consumimos se almacena en el hígado en forma de glucógeno. Si los azúcares de la dieta son mucho más de los que pueden almacenarse de esta forma, entonces el hígado también puede fabricar ácidos grasos y triglicéridos. También durante el consumo de alimentos recibe grandes paquetes de grasas que provienen del intestino, en donde, por cierto, el hígado también participa al producir bilis, un líquido verde amarillento que contiene sales biliares que ayudan a emulsionar las grasas, para que, en el intestino, estas se re-empaqueten y finalmente se distribuyan en diversos sitios del cuerpo. En el ayuno, los niveles de glucosa en sangre disminuyen, y una vez más, el hígado entra al rescate, liberando su glucógeno para restablecer los niveles energéticos. Si el ayuno es demasiado prolongado, convierte las grasas en cuerpos cetónicos que son un combustible alternativo para el cerebro (Vikramjit & Metcalf, 2009).

El hígado también fabrica alrededor del 90% de las proteínas plasmáticas como la albúmina, así como factores de coagulación que evitan que nos desangremos por una pequeña cortada en la piel. Por último, el hígado sirve de almacén para vitaminas liposolubles como A, D, E y K y algunos minerales

como hierro. Estas vitaminas almacenadas se liberan según sea necesario para ayudar a mantener un suministro constante en el organismo y garantizar la homeostasis (equilibrio fisiológico).

El superpoder del hígado: la regeneración

Una de las características más fascinantes del hígado, que parece sacada de ciencia ficción, es la regeneración. Otros órganos sólidos, como los pulmones, riñones o páncreas, al perder una sección de sus tejidos ajustan su composición para cumplir con sus funciones, pero jamás regresan a la normalidad. El hígado es el único órgano sólido capaz de regenerarse: puede volver a crecer y continuar funcionando de manera apropiada (Michalopoulos & Bhushan, 2021).

Sin embargo, la regeneración tiene límites. Si el daño es repetitivo y constante (consumo de alcohol, hepatitis crónica, obesidad), el tejido sano se reemplaza por cicatrices, un proceso llamado fibrosis. El tejido cicatricial sustituye a las células hepáticas y, a diferencia de estas, no desempeña ninguna función. Además, el tejido cicatricial puede distorsionar la estructura interna del hígado e interferir en el flujo sanguíneo hacia y dentro del órgano, lo que limita el suministro de sangre a los hepatocitos. Sin suficiente sangre, estas células mueren y se forma más tejido cicatricial. La fibrosis puede revertirse si se identifica y corrige la causa de manera temprana. Sin embargo, tras meses o años de daño repetido o continuo, la fibrosis se extiende y se vuelve permanente. El tejido cicatricial puede estar presente en todo el hígado, destruyendo su estructura interna y afectando a su capacidad para regenerarse y funcionar, a esta cicatrización grave se le denomina cirrosis (Odena & Bateller, 2012).

Un viejo archienemigo del hígado: el alcohol

Cuando estás en una reunión o fiesta y decides tomar un trago, este viaja desde el tracto digestivo hasta el hígado, donde los hepatocitos tienen la misión “secreta” de desintoxicar el alcohol. El primer paso es convertir el etanol a acetaldehído por medio de la enzima

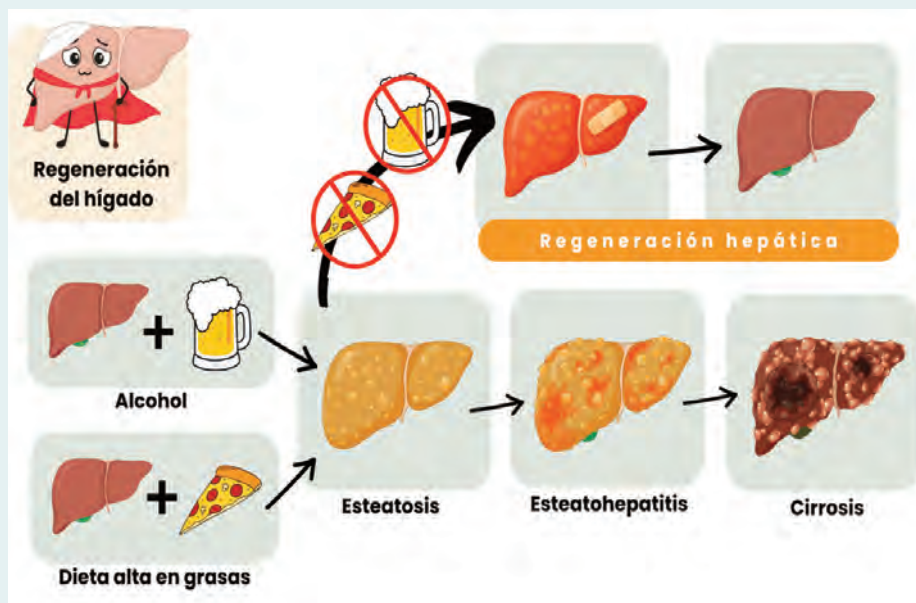


Figura 3. Etapas de la enfermedad hepática causada por el consumo excesivo de alcohol o la dieta alta en grasas, siendo la primera etapa esteatosis, en segundo lugar, esteatohepatitis y por último cirrosis. Al eliminar estos agentes causales es posible la regeneración del hígado. Imagen realizada con uso de canva, chatgpt y biorender.

alcohol deshidrogenasa, un compuesto tóxico responsable de la resaca. Algunas personas, sobre todo asiáticas tienen una mutación en alcohol deshidrogenasa, haciendo que el acetaldehído se acumule en mayor cantidad y origine resacas más intensas (Liu, 2014).

Por ello, el acetaldehído se convierte rápidamente en acetato, el cual se utiliza como fuente de energía. El alcohol aporta 7 kcal por gramo, casi como la grasa, por lo que se dice que “engorda”. El hígado puede metabolizar hasta 10 gramos de etanol por hora (equivalente a una copa de vino); todo lo que exceda esa cantidad se acumula en sangre. Es decir, si consumes más etanol del que el hígado puede metabolizar en una hora, se producirá la borrachera. Por esta razón, la creencia de que alternar el alcohol con agua evita la intoxicación, es falsa, ya que no existe una forma de acelerar el trabajo de los hepatocitos. No obstante, cuando se ingiere alcohol, el hígado prioriza su desintoxicación frente a otras funciones. Este metabolismo, sin embargo, tiene consecuencias: favorece la acumulación de grasa en el hígado, aumenta la producción de estrés oxidativo y, a largo plazo, desencadena la esteatosis alcohólica (acumulación de grasa a consecuencia del exceso de energía consumido a partir del alcohol) (Figura 3).

El órgano que no se queja... hasta que es demasiado tarde

Otra característica fascinante del hígado es que casi no presenta síntomas en las etapas tempranas de enfermedad.

Una de las enfermedades más comunes del hígado es la esteatosis, que puede tener origen alcohólico o como consecuencia de la obesidad y sobrepeso. En esta condición, el hepatocito almacena grasa en compartimientos intracelulares; sin embargo, al no estar destinado a esta función, puede sufrir estrés celular. Este es un padecimiento sumamente común y pocas veces se diagnostica al no mostrar síntomas evidentes.

En la segunda etapa se encuentra la esteatohepatitis, la cual se caracteriza por mostrar inflamación del tejido en la cual las células del sistema inmunológico intentan reparar los daños causados por la presencia de grasa en el hepatocito. Es entonces cuando se hace presente el “superpoder” del hígado: la regeneración. Sin embargo, si el agente causal (dieta alta en grasas o alcohol) continua presente, será inútil los intentos por reparar el tejido. El hígado comienza a cicatrizar generando la tercera etapa de la enfermedad llamada cirrosis. Por último, si el daño persiste por mucho tiempo, puede desarrollarse cáncer hepático.

El hígado es un órgano extraordinario: procesa nutrientes, fabrica proteínas, quema grasas, neutraliza toxinas y se regenera de forma casi milagrosa. No obstante, esa misma resistencia puede jugar en su contra. Como no duele ni da señales tempranas, sus enfermedades avanzan en silencio hasta que el daño es severo. Cuidar al hígado implica hábitos sencillos pero poderosos: mantener un peso saludable, evitar el exceso de alcohol, controlar niveles de azúcar en sangre y acudir a revisiones médicas periódicas.

En definitiva, el hígado es un “héroe discreto” que trabaja 24/7 sin pedir aplausos. Saber cómo funciona y qué lo afecta es el primer paso para darle el cuidado que merece.

Referencias

- Krishna, M. (2014). *Anatomía microscópica del hígado*. *Clinical Liver Disease*, 2(5), 109–112. <https://doi.org/10.1002/cld.287>.
- Liu, J. (2014). *Ethanol and liver: Recent insights into the mechanisms of ethanol-induced fatty liver*. *World Journal of Gastroenterology*, 20(40), 14672–14685. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i40.14672>.
- Michalopoulos, G. K., & Bhushan, B. (2021). *Liver regeneration: Biological and pathological mechanisms and implications*. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18, 40–55. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-0342-4>.
- Odena, G., & Bataller, R. (2012). *Fibrogénesis hepática: Fisiopatología*. *Gastroenterología y Hepatología*, 35(2), 6–9. <https://www.elsevier.es/es-revista-gastroenterologia-hepatologia-14-pdf-S0210570512700432>.
- Rodríguez González, J. C., & Rodeiro Guerra, I. (2014). *El sistema citocromo P450 y el metabolismo de xenobióticos*. *Revista Cubana de Farmacia*, 48(3), 495–507. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152014000300015.
- Vikramjit, & Metcalf. (2009). *Metabolic functions of the liver*. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 10(7), 334–335. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2009.03.011>.

Que no te batee el vapedor: una mirada toxicológica al aerosol inhalado

Don't Let Vaping Strike You Out: A Toxicological Look at the Inhaled Aerosol

Donovan J. Peña Montes, Yolitzzy Cárdenas María
y Xóchitl Trujillo Trujillo

Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Colima. Colima, Colima, México.

Contacto: rosio@uol.mx

Resumen. El vapeo suele verse como una opción más segura que el cigarro tradicional, aunque la realidad es más compleja. El problema no es solo el líquido, sino el calor que genera el dispositivo, capaz de producir sustancias potencialmente tóxicas y liberar metales hacia el aerosol inhalado. Más que una sola inhalación, preocupa la exposición constante a lo largo del tiempo. Casos como la lesión pulmonar asociada al uso de cigarrillos electrónicos o productos de vapeo (EVALI, por sus siglas en inglés) han mostrado que el vapeo puede causar lesiones pulmonares graves e incluso mortales, además de accidentes relacionados con fallas en baterías de litio. Esta situación resulta especialmente relevante en México, donde el uso de estos dispositivos es más frecuente en adolescentes que en adultos.

Palabras clave: vapear, cigarrillos electrónicos, lesión pulmonar.

Abstract. Vaping is often perceived as a safer alternative to traditional cigarettes, although the reality is far more complex. The concern is not only the e-liquid itself, but also the heat generated by the device, which can produce potentially toxic substances and release metals into the inhaled aerosol. More than a single puff, the main concern is the repeated and long-term exposure to these compounds. Cases such as E-cigarette or Vaping Product Use-Associated Lung Injury (EVALI) have shown that vaping can cause severe and even fatal lung injury, in addition to physical hazards related to lithium battery failures. This issue is particularly relevant in Mexico, where the use of these devices is more common among adolescents than adults.

Keywords: vaping, e-cigarettes, toxins, EVALI



Figura 1. Estadísticas de consumo de vapeadores en México y el mundo, destacando la prevalencia en adolescentes y las restricciones legales vigentes. (Fuente: ENSANUT-INSP y GATS-OMS). Fotografía de Paulina Rangel Guierrez. Vaping for life 2019. <https://flic.kr/p/2dNEmzv>. Licencia CC BY 2.0.

Introducción

A pesar de la prohibición vigente en México, el uso de dispositivos electrónicos de nicotina y otras sustancias persiste como un desafío. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) Continua 2023 reportó 4.3% de uso en población de 10 a 19 años y 2.2% en adultos de 20 años y más, lo que apunta a un incremento reciente, especialmente en adolescentes (INSP, 2024). De forma complementaria, la Global Adult Tobacco Survey (GATS) 2023 reportó que, en la población de 15 años y más, 12.9% han usado el cigarro electrónico alguna vez y que un 2.1% lo usa actualmente; esta brecha entre “alguna vez” y “uso actual” es clave porque sugiere una alta experimentación

y exposición intermitente, incluso cuando la prevalencia o frecuencia de uso vigente parece baja (fig. 1) (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Los vapeadores suelen percibirse como dispositivos modernos y aparentemente menos dañinos: un diseño compacto y minimalista que convierte un líquido aromatizado en un aerosol que muchos consideran menos dañino que el humo convencional al no existir combustión (Jackson et al., 2026). Sin embargo, esta visión simplista ignora el factor crítico desde la física y la química: el calor. Desde una perspectiva toxicológica, vapear no es únicamente inhalar una mezcla previamente formulada, sino un proceso dinámico en el que la temperatura transforma

sustancias, genera otras nuevas y moviliza componentes que originalmente no estaban destinados a entrar al organismo por la vía respiratoria. El vapedor funciona, como un reactor térmico portátil, en el que la mezcla del líquido y los materiales del dispositivo, incluidas las resistencias, sufren transformaciones inducidas por el calor y pueden liberar compuestos al aerosol en cada bocanada pudiendo afectar la salud (Ebersole et al., 2020; Wang et al., 2022).

Este fenómeno de degradación química ha tenido consecuencias clínicas documentadas en Estados Unidos, los CDC identificaron el brote de lesión pulmonar asociada al uso de cigarrillos electrónicos o productos de vapeo (EVALI, por sus siglas en inglés: E-cigarette or

Vaping Product Use-Associated Lung Injury), que alcanzó más de 2,800 hospitalizaciones y 68 muertes, demostrando que la alteración térmica de los componentes puede derivar en fallos respiratorios fulminantes (Amjad *et al.*, 2025).

A los riesgos químicos se suman peligros más visibles e inmediatos: las baterías de litio de algunos vapeadores pueden sobrecalentarse, incendiarse o incluso explotar de forma accidental. Así, los riesgos asociados al vapo no se limitan a la exposición a sustancias potencialmente tóxicas, sino que también incluyen quemaduras, lesiones traumáticas y otros daños físicos relacionados con fallas del dispositivo (Seitz & Kabir, 2018).

El inicio de la historia: los solventes

La mayoría de los líquidos para vapear comparten una base común: propilenglicol y glicerina vegetal (figura 3). Ambos compuestos se utilizan ampliamente en la industria alimentaria y farmacéutica y por ello suelen asociarse con la idea de seguridad. No obstante, esta seguridad está bien documentada principalmente para la vía oral, no para la inhalatoria crónica. El cambio de vía de exposición no es un detalle menor en toxicología: los pulmones presentan una superficie extensa, altamente vascularizada y sumado a la alta temperatura de los vapores, por ejemplo, cuando el dispositivo (fig. 2) se activa, la resistencia alcanza temperaturas elevadas que pueden superar los 200 °C y en ciertos escenarios de uso, acercarse o rebasar los 300 °C. A estas temperaturas, el propilenglicol y la glicerina vegetal dejan de comportarse como solventes inertes y comienzan a descomponerse térmicamente. Diversos estudios han demostrado que este proceso genera compuestos carbonílicos reactivos, como formaldehído, acetaldehído y acroleína, los cuales sí están bien caracterizados como irritantes y tóxicos para el epitelio

respiratorio (Jensen *et al.*, 2015; Sleiman *et al.*, 2016).

Un aspecto clave es que estos compuestos no necesariamente están presentes en el líquido original. Se forman durante el uso, y su concentración depende de factores como la potencia del dispositivo, el diseño de la resistencia, la ventilación y la duración de las caladas. En otras palabras, el riesgo no es una

dulces, frutales o mentolados, etc. Estos compuestos están diseñados para estimular los sentidos y hacer la experiencia más agradable, pero la mayoría fue desarrollada pensando en su consumo oral.

Durante el funcionamiento del dispositivo, el calor puede fragmentar los aromatizantes o hacerlos reaccionar con productos derivados de los solventes, generando compuestos distintos a los presentes en el líquido original. Como resultado, incluso líquidos con composiciones similares pueden producir aerosoles diferentes dependiendo de la temperatura, la potencia del dispositivo y el tiempo de calentamiento (Sleiman *et al.*, 2016).

La resistencia: cuando el material también cuenta

La historia del vapo no se limita a los líquidos. En el centro del dispositivo (fig. 2) se encuentra la resistencia, una bobina metálica diseñada para calentarse rápidamente al pasar corriente eléctrica. Estas resistencias suelen fabricarse con aleaciones que contienen níquel, cromo, hierro, estaño y otros metales (fig.3). En condiciones ideales, su función sería únicamente transferir calor. Sin embargo, en la práctica, el contacto repetido con líquidos higroscópicos y los ciclos constantes de calentamiento y enfriamiento favorecen la liberación de partículas metálicas (Olmedo *et al.*, 2018).

Estudios han detectado la presencia de metales potencialmente tóxicos como el níquel, cromo, plomo y estaño tanto en los líquidos como en los aerosoles generados por vapeadores (Olmedo *et al.*, 2018).

La relevancia de este hallazgo no radica únicamente en la toxicidad aguda, sino en la posibilidad de exposición crónica. Estos metales no se eliminan fácilmente del organismo y pueden acumularse o actuar como catalizadores de reacciones de estrés oxidativo (Wang *et al.*, 2022; Amjad *et al.*, 2025).

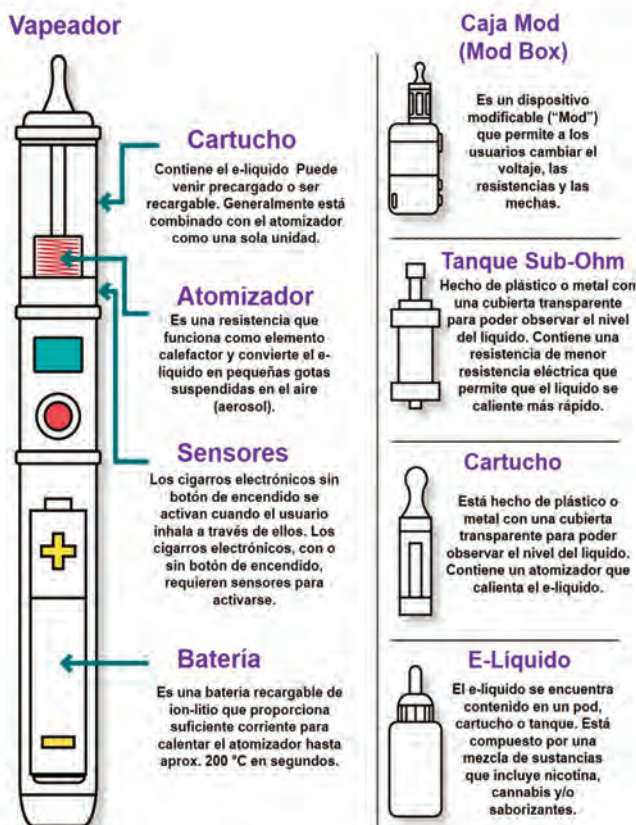


Figura 2. Componentes generales y funcionamiento básico de un cigarrillo electrónico. El dispositivo incluye una batería recargable, sensores de activación, un atomizador o resistencia calefactora y un depósito para el e-líquido. Al activarse, la resistencia genera un aerosol inhalable a partir del calentamiento del líquido, cuya composición puede incluir nicotina, cannabinoides, solventes y saborizantes. Adaptado y traducido de E-Cigarette, or Vaping, Products Visual Dictionary (CDC, 2019).

propiedad fija del producto, sino una consecuencia de cómo se utiliza. Esta variabilidad explica por qué distintos estudios reportan concentraciones muy diferentes de aldehídos: el sistema no es estático, sino altamente dependiente del contexto de uso (Jensen *et al.*, 2015; Sleiman *et al.*, 2016; Ebersole *et al.*, 2020)

Aromas: del atractivo sensorial a la incertidumbre química

A la base de solventes se añaden aromatizantes que aportan sabores

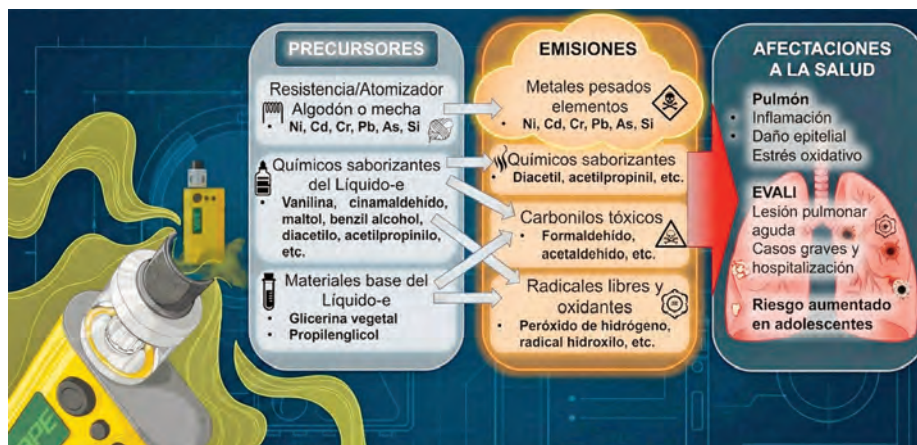


Figura 3. El vapeador como “reactor térmico portátil”. El calentamiento del líquido y de los materiales del dispositivo puede transformar precursores en un aerosol con carbonilos, oxidantes y metales, asociado con inflamación y lesión pulmonar (p. ej., EVALI). Basado y modificado de Ebersole *et al.*, 2020. Ilustración de Julia Kosickaya en iStock. ID de la ilustración:1292859125.

Cantidad y repetición: el factor silencioso

Otro elemento que suele pasar desapercibido es la cantidad inhalada y la frecuencia de uso. Una sola sesión de vapeo puede involucrar numerosas inhalaciones y una exposición considerable al aerosol; además, este comportamiento suele repetirse múltiples veces a lo largo del día durante periodos prolongados. Así, el riesgo no depende únicamente de cuánto se inhala en cada ocasión, sino también de la frecuencia con que la exposición se mantiene en el tiempo. La combinación de productos de degradación térmica, compuestos derivados de aromatizantes y contaminantes metálicos configura además un escenario de exposición compleja y acumulativa (Wang *et al.*, 2022).

Exposición indirecta al vapeo: vapor de segunda mano y “tercera mano”

En interiores, el vapeo no afecta únicamente a quien inhala. Una fracción del aerosol exhalado permanece suspendida y eleva las concentraciones de partículas en el ambiente; además, puede contener nicotina y otras sustancias potencialmente tóxicas según la Organización Mundial de la Salud. En términos prácticos, esto significa que la exposición de “segunda mano” depende sobre todo de tres variables controlables: intensidad de uso, volumen del recinto y ventilación. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) reporta que las emisiones pueden incluir nicotina, derivados de cannabis,

carbonilos y metales, y su cantidad varía con el dispositivo y la forma de uso; ventilar reduce, pero no elimina la exposición. La exposición de “tercera mano” es distinta: parte del aerosol se deposita en superficies (paredes, muebles, ropa) y en polvo. Con el tiempo, ese residuo puede persistir y favorecer rutas indirectas (contacto mano-boca, piel-superficie), en especial en niños pequeños. Por tanto, cuando hay personas susceptibles o vulnerables alrededor, como menores, mujeres embarazadas o personas con enfermedades respiratorias, la medida más saludable es no vapear en interiores ni en automóviles, aun con las ventanas abiertas.

Conclusiones

Más allá de modas o discusiones, la evidencia apunta a algo simple: lo más seguro es evitar el vapeo. No es una recomendación moral, sino práctica; el aerosol no es “solo vapor”, y su composición puede variar con el calor, el dispositivo y el patrón de uso.

Si alguien ya vapea, el paso más útil y realista es reducir la frecuencia y la dosis mientras busca apoyo para dejarlo: menos inhaladas al día, evitar el uso continuo y no usar líquidos o cartuchos de origen informal. Y una señal para no ignorar: jadear (sentir que falta el aire al hablar o caminar, respirar con esfuerzo, “no completar” una frase). Si aparece jadeo, dolor en el pecho o tos persistente, conviene suspender el vapeo y buscar valoración médica. “Más vale prevenir que jadear”.

Referencias

- Amjad, M. A., Ocazonez Trujillo, D., Estrada-Y-Martin, R. M., & Cherian, S. V. (2025). E-cigarette or vaping product use-associated lung injury: A comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(5), 792. <https://doi.org/10.3390/ijerph22050792>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). E-cigarette, or vaping, products visual dictionary. U.S. Department of Health and Human Services. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/103783>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2025)). E-cigarettes (vapes). U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.cdc.gov/tobacco/ecigarettes/index.html>
- Ebersole, J., Samburova, V., Son, Y., Cappelli, D., Demopoulos, C., Capurro, A., Pinto, A., Chrzan, B., Kingsley, K., Howard, K., Clark, N., & Khlystov, A. (2020). Harmful chemicals emitted from electronic cigarettes and potential deleterious effects in the oral cavity. *Tobacco Induced Diseases*, 18, 41. <https://doi.org/10.18332/tid/116988>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2024). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023: Resultados Nacionales. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2023/doctos/informes/ensanut_23_112024.pdf
- Jackson, S. E., Brown, J., Kimber, C., East, K., MRes, E. B., & Cox, S. (2026). Changes in harm perceptions of e-cigarettes compared with cigarettes following the announcement of the disposable vape ban in Great Britain. *Nicotine & Tobacco Research*. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntag030>
- Jensen, R. P., Luo, W., Pankow, J. F., Strongin, R. M., & Peyton, D. H. (2015). Hidden formaldehyde in e-cigarette aerosols. *The New England Journal of Medicine*, 372(4), 392–394. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1413069>
- Olmedo, P., Goessler, W., Tanda, S., Grau-Perez, M., Jarmul, S., Aherrera, A., Chen, R., Hilpert, M., Cohen, J. E., Navas-Acien, A., & Rule, A. M. (2018). Metal concentrations in e-cigarette liquid and aerosol samples: The contribution of metallic coils. *Environmental Health Perspectives*, 126(2), 027010. <https://doi.org/10.1289/EHP2175>
- Seitz, C. M., & Kabir, Z. (2018). Burn injuries caused by e-cigarette explosions: A systematic review of published cases. *Tobacco Prevention & Cessation*, 4, 32. <https://doi.org/10.18332/tpc/94664>
- Sleiman, M., Logue, J. M., Montesinos, V. N., Russell, M. L., Litter, M. I., Gundel, L. A., & Destailats, H. (2016). Emissions from electronic cigarettes: Key parameters affecting the release of harmful chemicals. *Environmental Science & Technology*, 50(17), 9644–9651. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01741>
- United States Environmental Protection Agency. (s.f.). Secondhand smoke and electronic cigarette aerosols. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/secondhand-smoke-and-electronic-cigarette-aerosols>
- Wang, L., Wang, Y., Chen, J., Liu, P., & Li, M. (2022). A review of toxicity mechanism studies of electronic cigarettes on respiratory system. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 5030. <https://doi.org/10.3390/ijms23095030>

Entendiendo la investigación preclínica: el rol de los modelos animales en favor de la salud

Understanding the importance of preclinical research: how animal models contribute to advancements in Health

Alejandra Guillermina Miranda Díaz¹ y Elodia Nataly Díaz de la Cruz²

Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 2. Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: nataly-diaz@live.com

Introducción

Al pensar en los medicamentos que empleamos cuando enfermamos, lo primero que nos viene a la mente es la imagen de una farmacia o un botiquín; sin embargo, antes de que podamos utilizarlos, los fármacos deben pasar por numerosas pruebas para demostrar que son seguros para las personas. Una de las etapas clave en la investigación de los medicamentos es la fase preclínica. En este proceso se evalúan la seguridad, la eficacia y la toxicidad de los medicamentos en modelos animales (Figura 1).

Aunque esta fase del desarrollo es poco conocida por las personas; animales como ratones, ratas, conejos, cerdos e incluso caballos desempeñan un papel crucial en la medicina moderna, pues nos permiten comprender cómo actúa el medicamento, cómo se distribuye en el organismo y en qué dosis podría provocar efectos no deseados o daño (McGonigle & Ruggeri, 2014).

Debido a que los animales no pueden otorgar consentimiento informado, los estudios que los involucran deben contar con una justificación científica clara, minimizar el daño y garantizar su bienestar bajo supervisión ética. Por ello, debemos reconocer el papel esencial que tienen en el avance de los tratamientos médicos, ya que las grandes curas suelen comenzar en pequeños cuerpos.

¿Por qué es necesario estudiar los medicamentos en animales?

A lo largo de la historia, múltiples tratamientos se han desarrollado gracias

Resumen. Antes de que los medicamentos puedan llegar a las personas, deben pasar una etapa muy importante: la fase preclínica. Durante este periodo de la investigación de los fármacos, se evalúa en modelos animales la seguridad, la eficacia y si pudieran causar algún efecto no deseado. Aunque cada especie tiene diferencias respecto al humano, muchos de nuestros procesos biológicos son similares a los de los animales. Esto ha permitido que los modelos de investigación, como son ratas, ratones, cerdos, conejos e incluso caballos, puedan ser un apoyo vital en el desarrollo de nuevas medicinas. En estos modelos se simulan enfermedades humanas y se observan los efectos de los tratamientos, cómo se mueve el fármaco en el cuerpo y en qué dosis puede causar algo perjudicial; lo cual permite que, cuando el medicamento llegue a estudiarse en humanos, estos sean más seguros. En el presente artículo platicaremos acerca de la importancia de la investigación con animales y reconocer que merecen respeto y un profundo reconocimiento como aliados silenciosos del conocimiento científico y la salud humana.

Palabras clave: investigación preclínica, animales, medicamentos

Abstract. Before drugs can be given to people, they must go through a very important stage: the preclinical phase. During this period of medical research, scientists evaluate safety, effectiveness, and any possible adverse effects in animal models. Although each species differs from humans, many of our biological processes are similar to those of other animals. This has made it possible for research models such as rats, mice, pigs, rabbits, and even horses to be vital allies in the development of new medicines. In these models, human diseases are simulated to observe how treatments work, how the drugs move through the body, and at what dose they might be toxic. All these assays ensure that, when the drugs are tested in clinical trials, the risk is lower and the process is safer. This article aims to explore the importance of animal research in medicine and to recognize that, thanks to these animals, many lives have been saved and that we now have access to more effective and targeted treatments.

Key words: preclinical research, animals, drugs

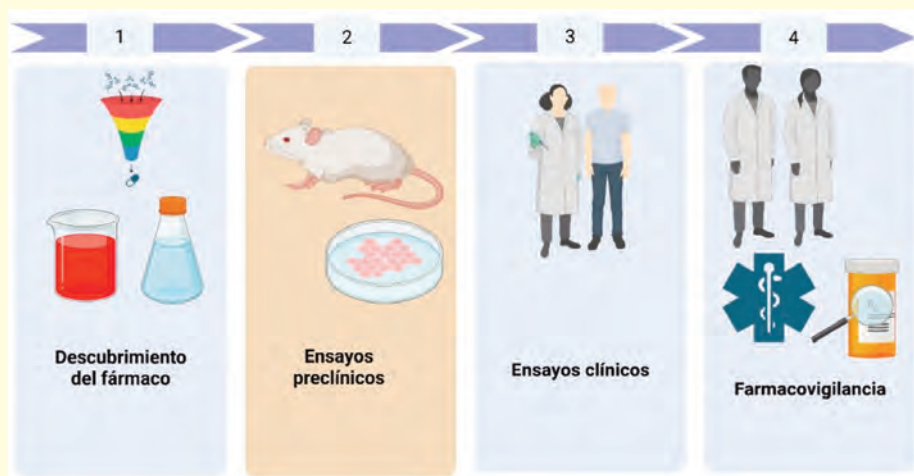


Figura 1. Etapas del desarrollo farmacéutico, desde la fase preclínica hasta la evaluación clínica en humanos para garantizar la seguridad y eficacia de los medicamentos. Creado en www.biorender.com

a los animales. Entre los ejemplos destacan la insulina, cuyo descubrimiento y desarrollo involucro a perros; o el suero antialacrán, el cual se

obtiene gracias a los anticuerpos producidos en caballos ((Carmo et al., 2015; Vecchio et al., 2018). Aunque la ciencia y la tecnología han avanzado

significativamente, los modelos *in silico* y los cultivos celulares aún presentan limitaciones para reproducir por completo la complejidad de un organismo vivo. Por ello, los modelos animales continúan siendo una herramienta importante para estudiar cómo actúa un fármaco en un cuerpo completo y evaluar aspectos relacionados con la seguridad y eficacia (Genzel *et al.*, 2024). Debido a esto, las nuevas metodologías como organoides, organo-en-chip, modelos computacionales y de inteligencia artificial buscan complementar y reducir progresivamente el uso de animales en investigación (Marx *et al.*, 2020).

El uso de animales no obedece a un capricho de los investigadores, sino que, debido a la complejidad que ellos también poseen, permite que se puedan estudiar diversos escenarios como:

- Observar la interacción del medicamento con órganos o sistemas
- Detectar efectos secundarios y adversos
- Determinar las mejores dosis
- Comprender mejor los procesos que se presentan en las enfermedades
- Analizar si el medicamento puede ser tóxico

A pesar de nuestras diferencias, muchas actividades del organismo en los animales son bastante similares a los de los humanos. Tanto es así que el sistema cardiovascular de los cerdos presenta grandes similitudes con el de los seres humanos; además, los ratones y las ratas comparten una alta similitud genética y fisiológica con nosotros, lo que ha permitido utilizarlos ampliamente en investigación biomédica. Asimismo, muchos mamíferos poseen sistemas similares para metabolizar medicamentos (Uhl & Warner, 2015; Jagadesan *et al.*, 2023).

La elección del modelo animal depende de lo que se debe estudiar, es decir, de los objetivos de la investigación. No se escoge a cualquier animal al azar; si no que se seleccionan a los animales de acuerdo con la enfermedad que se quiere analizar, así como sus características genéticas y anatómicas. Esto permite que los resultados obtenidos puedan ser válidos y aplicables en humanos, y al mismo tiempo el utilizar el menor número de animales posibles (Figura 2) (National Research Council (US) Committee on Dogs, 1994; Sprott, 1999).

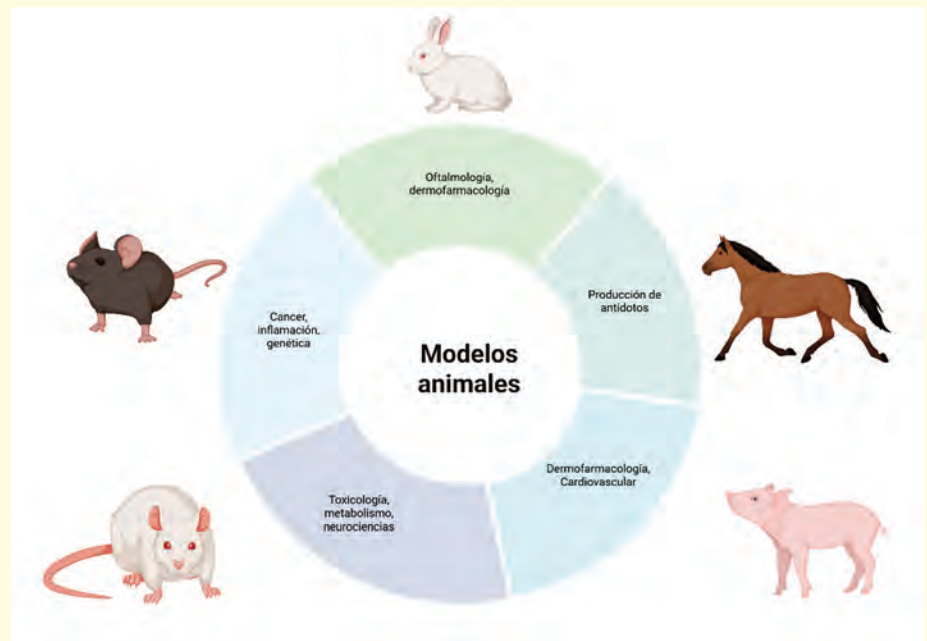


Figura 2. Modelos animales utilizados durante la fase preclínica para evaluar la seguridad y eficacia de nuevos medicamentos antes de su aplicación en humanos. Creado en www.biorender.com

Ética y regulación de la fase preclínica

Si bien se ha demostrado la similitud que se tiene con los animales respecto a los humanos, algo que nos diferencia es la capacidad de razonar, lo que da lugar a poder tomar decisiones. Los animales no poseen una voz o conciencia para poder decidir si quieren ser sujetos de estudio; por lo cual, cualquier estudio que se realice con ellos debe ir respaldado con un trato ético hacia estos, procurando asegurar su bienestar, minimizar las intervenciones y tratarlos con el mayor respeto posible (Rodríguez Yunta, 2007).

La investigación con animales no está exenta de regulaciones tanto nacionales como internacionales. En México, la NOM-062-ZOO-1999 indica cómo los modelos animales deben ser reproducidos, cómo cuidarlos y el tipo de establecimiento en el cual deben mantenerse.

Además de esto, los investigadores deben de contar con la autorización de un Comité de Ética y Bioética en investigación para evaluar aspectos como:

- Justificación del uso de animales
- Número de animales a intervenir
- Cómo se garantizará su bienestar

Para asegurarse de que el número de animales a utilizar en los ensayos

preclínicos sea adecuado y que no existan alternativas capaces de responder la pregunta científica con el mismo nivel de complejidad biológica, se ha implementado el principio de las 3R, que se explican a continuación:

Reemplazo: Se enfoca en el uso de métodos alternativos como son cultivos celulares, modelos *in silico* o uso de organoides

Reducción: Usar el número de animales estrictamente necesario para obtener resultados de buena calidad

Refinamiento: Proveer condiciones de vida y manejo de los animales de forma adecuada, así como tratar de no dañar o estresar en la medida de lo posible. Esto incluye medidas como el uso de analgesia para disminuir el dolor, el enriquecimiento ambiental para reducir el estrés y la implementación de criterios de punto final humanitario para evitar sufrimiento innecesario

En la actualidad, los organoides renales permiten estudiar enfermedades renales, así como estudiar la toxicidad de medicamentos, contribuyendo a la reducción de uso de animales (Chen *et al.*, 2021). Esto demuestra que, en la fase preclínica, los investigadores cuentan con las capacidades necesarias para tratar a los animales en experimentación con responsabilidad, respeto y compasión (eBioMedicine, 2022).

En conclusión, la fase preclínica y el uso de animales en investigación no son únicamente procedimientos técnicos, sino una etapa donde la ciencia, la responsabilidad, la empatía y la bioética convergen para reconocer que cada animal representa una vida que merece cuidado, respeto y bienestar. Aunque actualmente existen alternativas innovadoras que buscan reducir progresivamente el uso de animales en investigación, los modelos animales continúan desempeñando un papel importante en el desarrollo de tratamientos y en la evaluación de la seguridad y eficacia de numerosos medicamentos. Gracias a ello, se han logrado importantes avances médicos que han contribuido a mejorar y salvar incontables vidas, acercándonos cada vez más a una medicina más ética, segura y humana.

Referencias

Carmo, A. O., Chatzaki, M., Horta, C. C. R., Magalhães, B. F., Oliveira-Mendes, B. B. R., Chávez-Olortegui, C., & Kalapothakis, E. (2015).

Evolution of alternative methodologies of scorpion antivenoms production. *Toxicon*, 97, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2015.02.007>
Chen, W.-Y., Evangelista, E. A., Yang, J., Kelly, E. J., & Yeung, C. K. (2021). Kidney Organoid and Microphysiological Kidney Chip Models to Accelerate Drug Development and Reduce Animal Testing. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 695920. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.695920>
eBioMedicine. (2022). The 3Rs of Animal Research. *eBioMedicine*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.103900>

Genzel, L., Froudarakis, E., & Rapti, G. (2024). Openness and transparency in animal research: Why and how. *European Journal of Neuroscience*, 60(11), 6866–6873. <https://doi.org/10.1111/ejn.16597>
Jagadesan, S., Mondal, P., Carlson, M. A., & Guda, C. (2023). Evaluation of Five Mammalian Models for Human Disease Research Using Genomic and Bioinformatic Approaches. *Biomedicine*, 11(8), 2197. <https://doi.org/10.3390/biomedicine11082197>
Marx, U., Akabane, T., Andersson, T. B., Baker, E., Beilmann, M., Beken, S., Brendler-Schwaab, S., Cirit, M., David, R., Dehne, E.-M., Durieux, I., Ewart, L., Fitzpatrick, S. C., Frey, O., Fuchs, F., Griffith, L. G., Hamilton, G. A., Hartung, T., Hoeng, J., ... Roth, A. (2020). Biology-inspired microphysiological systems to advance patient benefit and animal welfare in drug development.

ALTEX, 37(3), 365–394. <https://doi.org/10.14573/altex.2001241>
McGonigle, P., & Ruggeri, B. (2014). Animal models of human disease: Challenges in enabling translation. *Biochemical Pharmacology, Special Issue: Pharmacology in 21st Century Biomedical Research*, 87(1), 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2013.08.006>
National Research Council (US) Committee on Dogs. (1994). Criteria for Selecting Experimental Animals. En *Laboratory Animal Management: Dogs*. National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK236591/>

Rodríguez Yunta, E. (2007). ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN EN MODELOS ANIMALES DE ENFERMEDADES HUMANAS. *Acta bioethica*, 13(1), 25–40. <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2007000100004>
Sprott, R. L. (1999). How to Choose an Animal Model. En H. Sternberg & P. S. Timiras (Eds.), *Studies of Aging* (pp. 105–110). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59916-3_8
Uhl, E. W., & Warner, N. J. (2015). Mouse Models as Predictors of Human Responses: Evolutionary Medicine. *Current Pathobiology Reports*, 3(3), 219–223. <https://doi.org/10.1007/s40139-015-0086-y>
Vecchio, I., Tornali, C., Bragazzi, N. L., & Martini, M. (2018). The Discovery of Insulin: An Important Milestone in the History of Medicine. *Frontiers in Endocrinology*, 9, 613. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00613>

• Enviado: enero 31, 2026 • Aceptado: junio 07, 2026

El prospecto farmacéutico en el uso de los analgésicos más comunes

The pharmaceutical leaflet on the use of common Analgesics

Paulina Soto-Correa¹, Blanca Estela Gutiérrez-Barba² y Luis Fernando Ortega-Varela³

1. Facultad de Químico Fármaco Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
2. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre medio ambiente y desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, CDMX.
3. Facultad de Atención Integral en Ciencias de la Salud y Asistencia Social, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: luis.ortega@umich.mx

Resumen. El prospecto farmacéutico es un documento fundamental para nuestra Salud, es la nota informativa para el usuario que acompaña al medicamento, que generalmente encontramos en un papelito que viene dentro de las cajas de los medicamentos, desempeña un papel clave en la prescripción de los medicamentos, la comprensión del tratamiento por parte del usuario y la relación médico-paciente favoreciendo una toma de decisiones informada. Es un derecho que se encuentra respaldado por normas internacionales para que pueda autorizarse la venta de medicamentos en cada país, para el caso de México, la Norma Oficial Mexicana NOM-072-SSA1-2012 establece los requerimientos para su autorización. Al hacer una revisión de prospectos de los analgésicos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs): como la aspirina, el paracetamol, ibuprofeno, entre otros (los medicamentos más utilizados en México), de 25 productos analizados, se determinó que el 100% cumple formalmente con el etiquetado secundario exigido por la Secretaría de Salud. No obstante, este cumplimiento se identificó principalmente como administrativo debido a que ninguno de los medicamentos analizados cuenta con un inserto o folleto farmacéutico físico, sino que presentan un resumen mínimo de información en el empaque secundario, que carece de información importante como la posible interacción con otros fármacos. Se identificó falta de explicaciones en lenguaje accesible sobre reacciones adversas graves, así como un escaso uso de pictogramas que en conjunto constituyen una deficiencia de seguridad informativa. Esto nos muestra que se está desaprovechando la importancia de los prospectos farmacéuticos al menos en los fármacos de mayor consumo en nuestro país.

Palabras clave: Prescripción de medicamentos, NOM-072-SSA1-2012, medicamentos genéricos.

Abstract. The pharmaceutical leaflet is a fundamental document for our health. It's the information leaflet for the user that accompanies the medication, usually found on a small piece of paper inside the medicine box. It plays a key role in medication prescription, the user's understanding of the treatment, and the doctor-patient relationship, promoting informed decision-making. It is a right backed by international standards, allowing pharmaceutical sales to be authorized in each country, in the case of Mexico, the Official Mexican Standard NOM-072-SSA1-2012 establishes the requirements for its authorization. During the review of leaflets for non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), such as aspirin, paracetamol, ibuprofen, among others (the most commonly prescribed medications in Mexico). From 25 products analyzed, we observed that 100% formally comply with the secondary labeling required by the Mexican Health Services. However, this compliance was primarily identified as administrative because none of the analyzed medications have a physical package insert or leaflet; instead, they present a minimal summary of information on the secondary packaging, which lacks important information such as potential drug interactions. A lack of explanations in accessible language regarding serious adverse reactions was identified, as well as limited use of pictograms, which together constitute a deficiency in safety information. This demonstrates that the importance of package inserts is being underutilized, at least for the most commonly used medications in our country.

Keywords: Prescription of medications, NOM-072-SSA1-2012, generic medications.



Figura 1. El prospecto farmacéutico es la nota informativa para el usuario que acompaña a los medicamentos. Tomado de: <https://www.grafiquesmogent.com/impresion-offset-digital/prospectos>.

¿Cuántas veces hemos tomado un analgésico sin detenernos a leer la información que lo acompaña? Para muchas personas, medicamentos como el paracetamol, ibuprofeno o el naproxeno forman parte del botiquín cotidiano y se utilizan de manera casi automática para aliviar el dolor o la fiebre. Sin embargo, detrás de esa aparente familiaridad existe un aspecto que suele pasar desapercibido: la información dirigida al paciente. Comprender cómo se presentan las indicaciones, advertencias y precauciones de estos medicamentos resulta fundamental para promover un uso responsable y prevenir riesgos asociados con la automedicación.

El prospecto farmacéutico es un documento fundamental para nuestra Salud, dirigido principalmente al paciente, cuyo objetivo es proporcionar información clara y suficiente sobre el medicamento, su uso adecuado y las precauciones necesarias. Aunque pocas veces oímos el término como tal, el prospecto farmacéutico es «la nota informativa para el usuario que acompaña al medicamento» (López, 2024), que generalmente encontramos

en un papelito que viene dentro de las cajas de los medicamentos. Este documento desempeña un papel clave tanto en la correcta prescripción de los medicamentos como en la comprensión del tratamiento por parte del usuario, actuando como un apoyo en la relación médico-paciente y favoreciendo una toma de decisiones informada.

Sin embargo, la elaboración y adaptación de los prospectos representa un desafío frecuente, particularmente en lo relativo a la uniformidad de su estructura y organización. Diversos estudios han señalado que la falta de homogeneidad en la presentación de la información puede dificultar su comprensión, especialmente cuando se emplean estructuras complejas o un lenguaje excesivamente técnico (Cascales Martínez et al., 2012; Vázquez y del Árbol, 2014).

Investigaciones comparativas han demostrado que los prospectos en lengua inglesa tienden a presentar una estructura más uniforme, mientras que los prospectos en español muestran una mayor diversidad organizativa, identificando incluso distintos modelos

estructurales (López, 2024). De manera general, un prospecto farmacéutico incluye secciones como nombre del producto, composición, indicaciones terapéuticas, contraindicaciones, advertencias y efectos adversos (Cascales Martínez et al., 2012; Vázquez y del Árbol, 2014).

Para facilitar la comprensión de estos documentos, se recomienda el uso de un lenguaje claro y conciso, evitando tecnicismos innecesarios, así como la incorporación de elementos visuales, índices de contenido y formatos accesibles que favorezcan su lectura. Estas estrategias contribuyen a mejorar la comprensión del prospecto y se relacionan directamente con el fortalecimiento de la educación en salud de los pacientes.

En este sentido, el prospecto farmacéutico actúa como un puente de comunicación entre el médico y el paciente, al responder preguntas frecuentes relacionadas con la función del medicamento, su dosificación, las precauciones y los posibles efectos adversos, promoviendo una relación basada en la confianza y la transparencia. Asimismo, representa un derecho fundamental del paciente a la información, lo que se asocia con una mayor adherencia al tratamiento y una disminución del riesgo de efectos adversos derivados del uso incorrecto del medicamento (Clavel-Rojo, 2013).

Este derecho se encuentra respaldado por normas internacionales, de forma que los prospectos son un requisito para que se pueda autorizar la venta de los fármacos en cada país (Directive Council, 1992; Pearsall & Araujo, 2014). La regulación sanitaria vigente en México, es la Norma Oficial Mexicana NOM-072-SSA1-2012, que establece los lineamientos obligatorios para el etiquetado de medicamentos y la información que debe proporcionarse al usuario, incluyendo indicaciones terapéuticas, dosificación, contraindicaciones, advertencias y reacciones adversas. De esta manera, el prospecto farmacéutico no constituye únicamente un requisito administrativo, sino un instrumento regulado de seguridad sanitaria orientado a la protección del paciente, de hecho, la normatividad indica que: “dichos textos deberán ser autorizados y entregados por la Secretaría de Salud” (DOF, 2012).

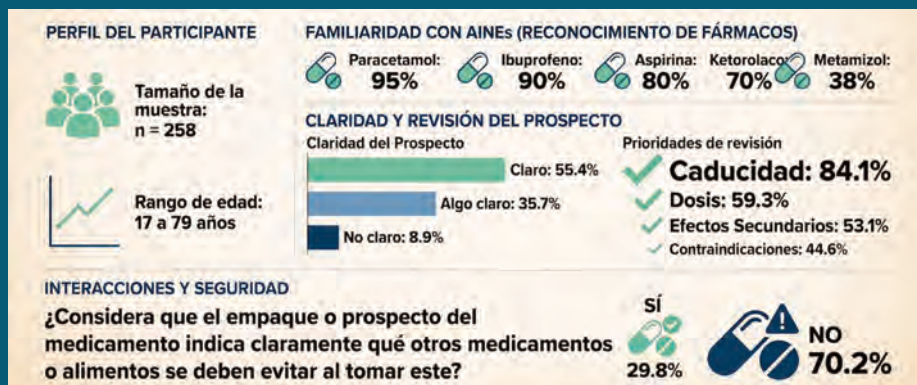


Figura 3. Nuestra encuesta en línea mostró que existe gran familiaridad con los AINEs, sobresaliendo el paracetamol, ibuprofeno y la aspirina. Para alrededor de 44.6% de la muestra, los prospectos no son suficientemente claros. Prácticamente los prospectos sólo se revisan para conocer la fecha de caducidad, las dosis, efectos adversos. Para el 70% las contraindicaciones no se indican con precisión, por lo que el prospecto no ayuda a saber qué medicamentos o alimentos debemos evitar (elaborada con notebook LM).

énfasis precautorio (figura 2b). De manera inquietante, tampoco encontramos indicaciones para eliminar los medicamentos sobrantes o caducados, para que no se vuelvan un foco de contaminación; estudios recientes muestran que gran cantidad de medicamentos sin usar o caducados, se liberan continuamente al medio ambiente a través de la eliminación no regulada y el vertido por el inodoro (Shalini-Singh, et al., 2025).

Al hacer una encuesta en línea al respecto (con 258 participantes), una gran proporción de éstos indicaron que la información del prospecto es muy importante (70%). Hay familiaridad con los AINEs, sobre todo con paracetamol, ibuprofeno y aspirina.

A pesar de que los participantes en su mayoría tienen licenciatura, los prospectos farmacéuticos no resultan lo suficientemente claros para el 44.6% de los consultados; en la práctica sólo se recurre a ellos para conocer la dosis, efectos adversos y fecha de caducidad; 7 de cada 10 encuestados indicaron que los prospectos no indican con claridad qué otros medicamentos o alimentos se deben evitar cuando se consume un AINE (figura 3). Se identificó que los medicamentos analizados emplean lenguaje técnico que puede reducir la percepción de riesgo por parte del usuario. La falta de explicaciones en lenguaje accesible sobre reacciones adversas graves constituye una deficiencia de seguridad informativa.

Estos hallazgos ponen de manifiesto que la utilidad de un prospecto

farmacéutico no depende únicamente de la cantidad de información que contiene, sino también de la manera en que ésta se comunica. El uso de lenguaje claro, tipografías legibles y elementos gráficos puede favorecer una mejor comprensión y contribuir a que los pacientes tomen decisiones más informadas sobre el uso de sus medicamentos.

Se pone de manifiesto, que se está desaprovechando la importancia de los prospectos farmacéuticos al menos en los medicamentos de mayor consumo en nuestro país. Observamos un conjunto de dificultades que tiene causas diversas, abarcando elementos reguladores, comunicativos y educativos. La disparidad que existe entre las leyes actuales y su aplicación práctica indica que, aunque la regulación es imprescindible, no es suficiente para garantizar un uso seguro de los medicamentos.

Fortalecer los prospectos farmacéuticos representa una oportunidad para mejorar la educación para la salud de la población y fomentar un uso más seguro y racional de los medicamentos. La incorporación de un lenguaje claro, elementos visuales, herramientas digitales e información sobre almacenamiento y disposición final puede contribuir no sólo a reducir riesgos asociados con la automedicación, sino también a disminuir el impacto ambiental derivado del manejo inadecuado de residuos farmacéuticos.

Este trabajo es parte del proyecto: «Efectos de los analgésicos no opioides en la salud y el ambiente» SECTEI-3234C24, CDMX.

Referencias

- ANAFARMEX, Asociación Nacional de Farmacias de México, A.C. (2014). Precauciones para el uso adecuado de paracetamol en esta temporada invernal. 3 de diciembre del 2014. Disponible en: <https://www.anafarmex.com.mx/precauciones-paracetamol/>
- Clavel Rojo, A. (2013). Conocimiento del paciente acerca de la medicación prescrita: influencia de las fuentes de información y legibilidad de los prospectos. Tesis Doctoral en Ciencias de la Salud, Universidad de Murcia, España. Disponible en: <https://digitum.um.es/entities/publication/aaa99c59-2e03-4bf0-ab25-6fa4917247e1>
- Cascales Martínez, M. del M., Ramírez Rosales, A., & Godó Claramunt, J. (2012). Educación farmacéutica en la interpretación de prospectos. Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona.DOF. Diario Oficial de la Federación. (2012). NOM-072-SSA1-2012, Etiquetado de medicamentos y de remedios herbolarios. 21 de noviembre de 2012. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5278341&fecha=21/11/2012#gsc.tab=0
- Cerino, M. J. A., Álvarez, H. R. P., Hernández, J. A. C., García, M. H. M., & Jerónimo, P. S. (2020). Automedicación de medicamentos genéricos en usuarios de farmacias en un municipio mexicano. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud Universidad del Cauca, 22(1), 24-32.
- De la Luz-Cuellar, YE. (2020). Automedicación con Analgésicos en México. Ciencia. Volumen 71, número 2: 16-21. Disponible en: <https://revista-ciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-71-numero-2/766-automedicacion-con-analgescos-en-mexico>
- Directive Council. (1992). 92/271/EEC of 31 March 1992 on the labelling of medicinal products for human use and on package leaflets. Off. J EEC, (L113).
- Félix González-Alvarado, Valeria Reynoso-Ramírez y José Alfredo González-Ortiz (2025). Paracetamol, un analgésico popular que no es tan inocuo. Ciencia, volumen 76 número 4. Pp 102-107. Disponible en: https://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/76_4/PDF/17_76_4_1551_Paraceta mol.Pdf
- López, A. B. M. (2024). Lenguaje claro en medicina: la redacción de prospectos farmacéuticos en español. In *Horizontes del pensamiento: ensayos sobre ciencias sociales y humanidades* (pp. 613-645). Dykinson.
- Nájera, L. M., Gómez, M. D., Sánchez, M. E., Godines, E. M., Hernández, A. I. L., Ureste, M. D. R., ... & Islas, B. N. (2018). Frecuencia de automedicación en pacientes adscritos a un hospital general de zona con medicina familiar en Hidalgo, México. *Atención Familiar*, 25(1).
- Pearsall BM, Araujo R. (2014). FDA Studies New Strategies for Presentation of Patient Information. Therapeutic Innovation & Regulatory Science.48(5):NP3-NP4. doi:10.1177/2168479013488881
- Shalini Singh, Abhradeep Majumder, Pubali Mandal, Manoj Kumar Yadav. (2025). Analgesics in wastewater matrix: A comprehensive review on occurrence, toxicity, and sustainability assessment of biological, tertiary, and hybrid treatment processes. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, Volume 23, 101039. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.101039>.
- Vázquez y del Árbol, E. (2014). Prospectos medicamentosos: macroestructura comparada aplicada a la traducción (inglés<español). *Skopos*, 4, 207-221. <https://doi.org/10.2255/skopos.2014.4.207-22>



Figura 1. Entre la mirada y el silencio: la subjetividad de la voz
Fuente: Pexels. <https://www.pexels.com/es-es/foto/hombre-joven-cara-enfrentarse-9254542/>

La voz que insiste: psicosis y clínica psicoanalítica

The Persistent Voice: Psychosis and Psychoanalytic Clinical Practice

Mariel Anahí Pérez Rodríguez

Facultad de Psicología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Morelia, Michoacán, México.

Contacto: 0839210x@umich.mx

Resumen. El presente trabajo examina la esquizofrenia desde una perspectiva psicoanalítica y crítica, con énfasis en las alucinaciones auditivas o voces. Se sostiene que dichas voces poseen una dimensión compleja y subjetiva con funciones particulares para quien las escucha. Asimismo, se ilustra el quehacer analítico, alejándose de la mera eliminación sintomática, apostando por una escucha que permita alojar el discurso del sujeto. El análisis no omite una de las problemáticas más persistentes: el estigma institucional y social que rodea a la esquizofrenia, así como las condiciones internas y externas que afectan la práctica analítica a nivel clínico e institucional.

Palabras clave: psicoanálisis, esquizofrenia, alucinaciones auditivas.

Abstract. This paper examines schizophrenia from a psychoanalytic and critical perspective, with an emphasis on auditory hallucinations, or voices. It argues that these voices possess a complex, subjective dimension and serve specific functions for the listener. Furthermore, it illustrates the analytic approach—moving away from mere symptom elimination in favor of a mode of listening that makes room for the subject's discourse. The analysis also addresses one of the most persistent issues: the institutional and social stigma surrounding schizophrenia, as well as the internal and external conditions affecting analytic practice at both clinical and institutional levels.

Keywords: psychoanalysis, schizophrenia, auditory hallucinations.

Introducción

La esquizofrenia ha sido considerada un trastorno mental severo, caracterizado por diversos fenómenos psicopatológicos, entre ellos las alucinaciones auditivas (Molina, 2024). Estas voces han sido interpretadas de distintas maneras a lo largo de la historia: desde manifestaciones demoníacas en la antigüedad hasta meros síntomas de un fallo neuroquímico en la psiquiatría hegemónica actual (García, 2011). No obstante, más allá de una visión estrictamente biologicista o patologizante, se propone un enfoque psicoanalítico y crítico que permita escuchar dichas voces en su función subjetiva y constitutiva.

De forma paralela, la psicología crítica ofrece una perspectiva que cuestiona los procesos de patologización y medicalización del sufrimiento sin considerar sus raíces social y culturales. Como lo menciona Pávon-Cuellar (2019), el comportamiento, las conductas o los discursos deben analizarse desde y en su

contexto, evitando etiquetaciones apresuradas que despojen al sujeto de su agencialidad. En este sentido, la esquizofrenia, al estar profundamente estigmatizada, se convierte en un campo donde estos cuestionamientos no solo resultan pertinentes, sino urgentes.

Las voces: entre el estigma y el significativo

Uno de los fenómenos más característicos de la esquizofrenia son las voces (López y Tancara, 2013). Estas varían en contenido, tono e intensidad, y pueden ser percibidas como hostiles, neutrales o benevolentes. Su impacto en la subjetividad del sujeto que las oye puede ser tanto perturbador como estructurante, dependiendo de la manera en que sean abordadas clínicamente. Lejos de interpretarlas como una alteración perceptiva, química o cerebral, el psicoanálisis replantea su condensación desde una estructura en el campo del lenguaje, las voces que irrumpen, hablan, aterran o enmudecen no son anomalías sino una presencia que habla, aquellos restos que no lograron su simbolización.

El estigma institucional y social, no obstante, influye directamente en estas cuestiones (López, et al., 2008). La patologización psiquiátrica convencional, en su afán por eliminar los síntomas mediante medicación, ignora que estas voces pueden desempeñar una función psíquica y clínica crucial. La voz de las psicosis y el sujeto que las oye, han sido históricamente confinados al encierro, desterrados de su propio discurso y marginados. Las instituciones biomédicas localizan las voces como meros síntomas, déficits y desajustes químicos, por ello su eliminación es promesa de mejoría.

En lugar de ser entendidas como una formación del inconsciente, se las relega a meros productos de una enfermedad que debe ser controlada, a categorías, signos y síntomas que estorban para el clínico más que para el propio sujeto (Hacking, 2001). Desde la teoría lacaniana, la psicosis se caracteriza por la forclusión del Nombre del Padre, lo que genera una relación específica con el lenguaje y la realidad. En este marco, las voces pueden comprenderse como

elementos que estructuran el mundo del sujeto, aportando una coherencia singular a su experiencia psíquica (Lacan, 1956a). Esto implica no borrar al sujeto tras un diagnóstico, sino sostener su propia realidad.

La clínica del psicoanálisis ante las voces

En la clínica con personas diagnosticadas con esquizofrenia, es frecuente que las voces cumplan una función subjetiva que va más allá de sintomático, por ende, lejos de intentar eliminarlas o silenciarlas, el tratamiento apuesta por sostenerlas y permitir que el sujeto pueda significarlas dentro de su historia, en lugar de imponer un sentido cerrado, o comprenderlas desde el exterior. La posición del analista bajo la transferencia, lejos de interpretar las voces desde un saber, deben ser una vía para que el sujeto pueda anudarse a través de su experiencia, dejando de lado la comprensión e interpretación apresurada.

Algunas de esas voces, si bien pueden generar angustia cuando no son sostenidas, también pueden ser maniobradas para operar como anclajes en su vida cotidiana, esto es, resignificarlas. Más que actuar como un superyó castigador, vigilante e hipermoral, en algunos casos, pueden funcionar como mediadoras entre la relación con el Otro y el saber.

Desde este encuadre, el analista no debería, ni comprenderlas, ni silenciar la voz psicótica, sino alojarla en la transferencia, cavar junto con el sujeto un espacio de escucha, sin quedar capturados en un enigma.

A propósito de lo anterior, Lacan (1956b) sugiere que el analista en las psicosis no puede posicionarse como el sujeto-supuesto-saber, ya que esto podría reforzar la posición punitiva del Otro en el delirio. En su lugar, el concepto de «secretario del alienado» sugiere una escucha que da testimonio sin imponer asociaciones forzadas.

El estigma y su impacto en el tratamiento

El estigma en la esquizofrenia se manifiesta en múltiples niveles: desde el prejuicio social hasta el tratamiento institucional. Las personas diagnosticadas con este trastorno suelen enfrentar discriminación, lo que influye en su acceso a servicios de salud y en la forma en que son tratadas dentro del sistema psiquiátrico (Moloney, 2018).

La psiquiatría convencional, al centrarse primordialmente en la medicalización, corre el riesgo de silenciar la experiencia del paciente en lugar de comprenderla, alojarlas, sostenerlas o escucharlas. Como señala Parker (2020), la patologización sin contexto puede perpetuar dinámicas de exclusión y marginación. En contraste, el psicoanálisis permite alojar la subjetividad del paciente sin imponerle un saber absoluto, abriendo un espacio para la escucha y el trabajo clínico.

Las psicosis han sido marginadas desde tiempos antiguos, y con ellas,

también se ha silenciado la voz de los pacientes. Sustituyéndolas por etiquetas que anuncian locura, exclusión, estigma o diagnóstico, al mismo tiempo que se multiplican los intentos por acallarlas desde el discurso de la salud mental dominante. Este rechazo ante las psicosis podría explicar por qué muchos psicoanalistas retroceden ante las psicosis. Sin embargo, quienes decidimos no retroceder, quienes escuchamos, sabemos que los tropiezos clínicos o teóricos no son fracasos sino impulsos.

Y aquí se vislumbra una encrucijada: entre una escucha que insiste y un sistema que acalla, que nos orilla a enmudecer. Pero, ¿Qué lugar tienen las voces que se escuchan en la psicosis en la clínica contemporánea? ¿Qué lugar tiene el analista frente a ese decir? ¿Cómo sostener la transferencia allí donde el lenguaje parece desgarrado? Estas preguntas no se responden fácilmente, pero sí pueden ser abordadas desde una clínica que no renuncie al sujeto, que no recule ante las psicosis.

El ejercicio de esta práctica no está exento de tensiones. La investigación psicoanalítica y la práctica analítica suelen ser juzgadas, incluso desde los propios espacios académicos que las enseñan (Sabrovsky, 2017). El choque epistémico que propone el psicoanálisis se convierte en una guerra de saberes que se disputan el poder, y en esa disputa, una vez más, los más perjudicados son los sujetos: tanto los que sufren como quienes intentan sostenerlos.

A ello se suma la escasa (cuando no nula) apertura institucional al trabajo psicoanalítico, tanto en la formación como en la práctica clínica. La altivez de ciertos docentes, en lugar de impulsar, obtura el crecimiento académico, y el rechazo institucional a la perspectiva psicoanalítica impacta directamente a los sujetos, al investigador, y al propio psicoanálisis (Reed y Dillon, 2017). En México, menos del 2% del presupuesto en salud se



Figura 2. Representación del silenciamiento y la exclusión de las personas en los dispositivos institucionales de la salud mental.
<https://www.pexels.com/es-es/foto/blanco-y-negro-emociones-sentimientos-vaso-23736772/>

destina a la salud mental, y de ese porcentaje, el 80% se usa para sostener a los hospitales psiquiátricos (Méndez, 2024). El resto es insuficiente para formar, investigar, intervenir o acompañar desde lugares distintos. En este reparto, el psicoanálisis suele quedar como la última opción.

Conclusiones

La esquizofrenia ha sido objeto de discursos estigmatizantes que refuerzan la exclusión y la deshumanización. Este trabajo propone una visión alternativa que, desde el psicoanálisis, apuesta por la escucha y el respeto a la subjetividad del paciente.

Las voces pueden ser algo más que síntomas patológicos: pueden ser lazo, identidad, forma de subjetivación. La clínica psicoanalítica tiene el reto de no recluir ante la psicosis, sino de ofrecer un espacio donde el decir del paciente sea alojado con ética y sin apresuramientos interpretativos. El estigma en la esquizofrenia sigue siendo un obstáculo importante para un tratamiento digno y efectivo. Escuchar con empatía y alojar el decir del sujeto pueden marcar una diferencia crucial en su vida, promoviendo un enfoque basado en el respeto y la ética profesional.

La escucha de la voz que habla en la psicosis, es un acto que desafía tanto los discursos dominantes (psiquiatría, farmacología, e incluso el propio psicoanálisis), y reintegra al sujeto al centro de la clínica. Porque no se trata solamente de “comprender” apresuradamente lo que les dicen sus voces, sino de sostener el acto mismo de esa voz, con alguien que esté dispuesto a escalarlas.

Finalmente, este análisis nos invita a reflexionar sobre los efectos del estigma en el tratamiento de la esquizofrenia y la importancia de generar espacios clínicos donde la subjetividad no sea reducida a un diagnóstico. Porque escuchar no es sólo una técnica, sino un acto ético y político.

Referencias

- García, G. M. (2011). Historia de las alucinaciones en la Antigüedad. *Gallaecia: revista de arqueología e antigüedad*, (30), 211-222.
- Hacking, I. (2001). *La construcción social de qué*. Paidós.
- Lacan, J. (1956a). *El seminario 3: La disolución imaginaria*. (1ª ed.). Paidós.
- Lacan, J. (1956b). Secretarios del alienado. En J. Granica (Ed.), J.L. Delmont-Mauri y D.S. Rabinovich (Trad.), *El seminario 3: Las psicosis* (1ª ed. pp. 295-305). Paidós.

López Laredo, B. S., & Ibarra Tancara, M. U. (2013). Esquizofrenia. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 35, 1804. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2304-7682013000800004&script=sci_arttext&tlng=es

López, Marcelino, Laviana, Margarita, Fernández, Luis, López, Andrés, Rodríguez, Ana María, & Aparicio, Almudena. (2008). La lucha contra el estigma y la discriminación en salud mental: Una estrategia compleja basada en la información disponible. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 28(1), 48-83. Recuperado en 10 de junio de 2025, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-57352008000100004&lng=es&tlng=es.

Méndez, J. S. M. (2024). *Salud mental: Presupuesto y política nacional*. CIEP. [https://ciep.mx/salud-mental-presupuesto-y-politica-nacional/#:~:text=Para 2024 2C el gasto aprobado,CONASAMA\) 20cre da en el 2023](https://ciep.mx/salud-mental-presupuesto-y-politica-nacional/#:~:text=Para 2024 2C el gasto aprobado,CONASAMA) 20cre da en el 2023)

Molina PG. ¿Qué son las alucinaciones? Tipos y esquizofrenia: Manual de Psicopatología, trastornos mentales. Kindle; 2024.

Moloney, P. (2018). La salud mental y el estigma en Europa. *Mens Project Policy Papers*, 75-87. Recuperado de <https://mensproject.eu/wp-content/uploads/policy-papers-es.pdf#page=76>

Parker, I. (2020). *Psicología crítica*.

Pávon-Cuellar, D. (2019). *Psicología crítica y contexto*.

Reed, J., & Dillon, J. (2017). *Modelos de locura II*. Herder.

Sabrovsky Baytelman, M. (2017). *Clínica psicoanalítica de las psicosis en la atención pública chilena: Discusiones y aportes de la práctica clínica psicoanalítica de la psicosis en Chile, a diez años de la implementación del Plan Nacional de Salud Mental* [Tesis de magister, Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/167920>

• Enviado: febrero 07, 2026 • Aceptado: julio 05, 2026



La generación que ya no busca hongos en la Selva Lacandona

The generation that no longer searches for mushrooms in the Lacandon Jungle

Edna Anaide Cerda-Tiandon¹ y Juan Felipe Ruan-Soto²

1. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 2. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Contacto. felipe.ruan@unicach.mx

Figura 1. *Schizophyllum commune* u oreja de ratón (Fotografía de Edna Anaide Cerda Tiandon)



Figura 2. *Favolus tenuiculus* o pancita de armadillo. (Fotografía de Felipe Ruan Soto)

Resumen. En México, los hongos forman parte del entorno natural y de la memoria colectiva. La Etnomicología estudia las relaciones entre grupos humanos y hongos, particularmente el Conocimiento Micológico Tradicional, el cual puede modificarse drásticamente por la ocupación de la gente o por otros fenómenos como la migración. El sureste mexicano, específicamente en la Selva Lacandona, es un escenario dónde en las últimas décadas se han suscitado fenómenos complejos de migración que han sido fundamentales en la composición y el cambio de muchas comunidades. El presente artículo presenta una reflexión acerca de cómo las actividades campesinas favorecen un mayor grado de Conocimientos Micológicos Tradicionales, así como un consumo más frecuente de diferentes especies. La migración es un fenómeno que ha actuado de maneras distintas, este fenómeno actuó de manera positiva fomentando una amalgama de conocimientos en personas que procedían de diferentes regiones mientras aquellos primeros migrantes mantuvieron su ocupación como campesinos. Hoy en día los nuevos migrantes, quienes adoptan nuevas ocupaciones alejadas de la tierra y de la selva, ven como cada vez se va minando el Conocimiento Micológico Tradicional que debieron haber heredado.

Palabras clave: Etnomicología, migración, fragmentación cultural.

Abstract. In Mexico, fungi are part of both the natural environment and the collective memory. Ethnomycology studies the relationships between human groups and fungi, particularly Traditional Mycological Knowledge, which can be drastically modified by people's occupations and by other phenomena such as migration. Southeastern Mexico, specifically the Lacandon Forest, is a setting where complex migration processes have occurred in recent decades, playing a fundamental role in the composition and transformation of many communities. This article presents a reflection on how peasant activities favor a higher degree of Traditional Mycological Knowledge, as well as more frequent consumption of different species. Migration has acted in different ways; it initially had a positive effect by fostering an amalgamation of knowledge among people from different regions, while those early migrants maintained farming as their main occupation. Today, however, newer migrants, who adopt occupations increasingly detached from the land and the forest, are experiencing a gradual erosion of the Traditional Mycological Knowledge they would otherwise have inherited.

Keywords: Ethnomycology, migration, cultural fragmentation.

Introducción: los hongos y el conocimiento tradicional

Los hongos forman parte de la historia de distintas comunidades en México, como pieza clave de los ecosistemas y por sus usos como alimento, medicina, colorantes, solo por mencionar algunos. Cuando se estudian las relaciones entre

los grupos humanos y los hongos, principalmente se busca entender cómo son concebidos, qué especies nombran y cómo los clasifican, los usos que tienen y principalmente, los conocimientos tradicionales que tienen acerca de su biología y ecología (Robles et al., 2021).

La etnomicología es la disciplina encargada de estudiar estas relaciones.

Un elemento fundamental que estudia esta disciplina es el Conocimiento Micológico Tradicional, este se puede entender como el conjunto de saberes acumulados a lo largo de generaciones a través de la experiencia directa y continua de las comunidades con su entorno (Berkes, 1999), en específico sobre los hongos. En este sentido, el entorno donde vivimos, crecemos y hasta nuestras ocupaciones, pueden influir en qué tanto conocimiento tradicional tenemos sobre estos organismos.

A partir de lo anterior, suele asumirse que las personas cuyo trabajo está relacionado al campo (como la agricultura o la ganadería), poseen un conocimiento tradicional más amplio, derivado de la observación diaria y la interacción continua con el entorno natural (Pérez et al., 2014) en contraste con quienes tienen otras ocupaciones, como pueden ser aquellas ligadas a la prestación de servicios u otras actividades profesionales.

Este Conocimiento Micológico Tradicional se ha ido construyendo a lo largo de los años, adaptándose a situaciones cambiantes y transmitiéndose por generaciones, sin embargo, en las últimas décadas, este se ha visto amenazado por múltiples factores, entre ellos la migración.

Pero, ¿qué lleva a las personas a dejar su lugar de origen y cómo impacta esto en sus saberes? La decisión que lleva a una persona a migrar está impulsada por distintos factores, como los económicos, demográficos, sociales y culturales. En muchos casos, estas decisiones están orientadas a la búsqueda de oportunidades (Aruj, 2008). No obstante, la migración con frecuencia no es una elección libre, sino un desplazamiento forzado.

Este proceso afecta los vínculos afectivos y sociales de las personas, como los cambios en la familia, la pérdida de referentes sociales y la necesidad de adaptarse nuevamente (MMC, 2025), lo que debilita la construcción de identidad cultural y de un sentido de pertenencia. Pero, ¿cómo afecta la migración a la pérdida de conocimientos y qué sectores de la sociedad están más propensos a estas dinámicas?

Muchas regiones del país sufren estas dinámicas sociales, sin embargo, en el

sureste mexicano, particularmente en la Selva Lacandona, el fenómeno de la migración ha afectado a las comunidades de diversas maneras, tanto para su conformación como para su estabilidad y esto plantea una pregunta urgente: ¿qué tanto saben hoy las comunidades de la Selva Lacandona sobre los hongos que las rodean?

Playón de la Gloria, el ejido nacido de la migración

El ejido Playón de la Gloria se localiza en el municipio de Marqués de Comillas, Chiapas, en la región conocida como la Selva Lacandona, adyacente a la Reserva de la Biosfera de Montes Azules. El clima es cálido-húmedo y la vegetación característica es la selva tropical lluviosa, aunque también se encuentran áreas agrícolas y potreros.

Esta localidad se formó hace 52 años con la llegada de personas procedentes de muchas regiones del país y de Guatemala en busca de tierras para la agricultura o huyendo de los conflictos armados (Romero-Balderas et al., 2006). Esto ocasionó que los nuevos pobladores se enfrentaran a condiciones y recursos no conocidos del todo, sobre todo para aquellos migrantes provenientes de regiones con ecosistemas totalmente diferentes como los bosques templados de los Altos de Chiapas. Actualmente Playón de la Gloria cuenta con aproximadamente 210 habitantes, siendo sus principales actividades productivas la agricultura de temporal y la ganadería extensiva.

Recientemente las escasas oportunidades de desarrollo económico han obligado a sus habitantes, sobre todo los más jóvenes a migrar como sus abuelos, pero ahora principalmente a Estados Unidos, formando parte del flujo migratorio que en 2020 movilizó a 15401 chiapanecos al extranjero (Martínez, 2023). Aunque las remesas han contribuido a disminuir la pobreza en Marqués de Comillas en un 25.3% (Martínez, 2023), este fenómeno ha impactado en la estructura social, cultural y sobre todo a los saberes acerca de la tierra.

¿Quién sabe más sobre hongos en Playón de la Gloria?

No es de sorprender que las personas cuyas actividades laborales están vinculadas al campo poseen mayor conocimiento etnomicológico. Especies como *Schizophyllum commune*, *Favolus tenuiculus* o *Auricularia* spp. (Figura 1-3) son frecuentemente mencionadas en ese sector de la población. Son llamados orejita de ratón, panza de armadillo y orejas de mono respectivamente. Aunado a ello, también conocen y consumen otras especies de hongos como el hongo de



Figura 3. *Auricularia fuscusuccinea* u oreja de mono. (Fotografía de Felipe Ruan Soto)

guineo (*Pluteus harrisii*), el pumus (*Calvatia cyathiformis*) o el tsutsuro (*Lentinus* spp.). Los campesinos también son capaces de identificar los árboles específicos donde crecen estos hongos, como el jonote, el palo mulato o el guarumbo. Asimismo, señalan la temporada de lluvias como la época en que aparecen estos organismos, particularmente los meses de junio, julio, septiembre y octubre. Es interesante el grado de conocimiento que se tiene, ya que permite señalar hábitats específicos que favorecen la presencia de especies particulares, según las necesidades de iluminación y temperatura.

Los campesinos consumen hongos comestibles de manera frecuente durante la temporada de lluvias (alrededor de una vez por semana) y conocen diferentes maneras de prepararlos, desde simples cocimientos en el comal hasta recetas sumamente elaboradas (Figura 4). También reconocen algunas especies medicinales como *Calvatia cyathiformis* o *Favosporus sanguineus* que utilizan de manera muy efectiva para cicatrizar heridas y evitar que se infecten. Por otro lado, también reconocen la presencia de otras especies como las copitas (*Cookeina speciosa* y *Cookeina tricholoma*) o el velo de novia (*Phallus induciatus*) que, si bien no tienen ningún uso, son muy llamativas.

Los campesinos han acumulado estos saberes sobre el entorno mediante la observación diaria, mientras recorren la selva dirigiéndose a sus milpas y potreros. Además de esta interacción cotidiana, estos conocimientos se han nutrido de las experiencias previas que los primeros pobladores traían consigo desde sus sitios de origen y de la convivencia con sus vecinos que procedían de regiones con otros ecosistemas y otras tradiciones. Así, las personas que procedían de regiones con clima y vegetación similar enseñaban a sus vecinos que migraron de comunidades de bosques templados a reconocer estos nuevos recursos. En este sentido, los campesinos de Playón de la Gloria se convirtieron en un reservorio de Conocimientos Micológicos Tradicionales que les permitió aprovechar los recursos de manera integral y comenzar a heredar este patrimonio a sus hijos, quienes ya nacieron en Playón de la Gloria y pudieron aprovechar de manera intensa estos bienes.

Por el contrario, las personas con actividades laborales que los alejan del campo, como los dependientes de tiendas de abarrotes, transportistas o prestadores de servicios variados, en general no tienen mucho conocimiento acerca de los hongos, desconocen sus nombres, no saben de manera precisa dónde crecen o donde se les puede observar ni tampoco las épocas en que se aparecen. Esto no es de sorprender ya que su dinámica cotidiana les aleja de la selva y de lo que pasa ahí. Sin embargo,

aunado a esta ausencia, estas personas por lo general tampoco consumen tantas especies ni lo hacen de manera frecuente. Su dieta carece de estos organismos al igual que de otros elementos vegetales y animales propios de la región circunscribiéndose mayoritariamente a productos de producción externa.

Dos caras de la migración y fragmentación cultural.

La migración genera cambios en las dinámicas sociales y culturales que inciden en la interrupción o pérdida del conocimiento micológico tradicional, así como en el interés de estos (Burrola-Aguilar et al. 2012). En Playón de la Gloria, ocurren fenómenos interesantes y aparentemente contrapuestos: el fenómeno de la migración, que en un principio fue el motor para que los campesinos desarrollaran un Conocimiento Micológico Tradicional más rico por la mezcla de conocimientos provenientes de distintos ecosistemas y tradiciones, ahora, en este nuevo contexto provoca desarraigo a la tierra y pérdida de estos conocimientos.

En la década de los 1970s que se formó el ejido, los recién llegados, aunque fueran migrantes, mantuvieron ocupaciones ligadas al campo que les permitieron esta vasta riqueza micocultural manifestada en conocimientos profundos sobre las especies de hongos y cómo aprovecharlos. Hoy, los jóvenes migran al Norte global para emplearse en diferentes ocupaciones que los alejan del conocimiento de la selva y de la tierra. Ante estas condiciones, los nuevos migrantes sufren una separación temprana del entorno natural. Esto interrumpe la transmisión de conocimientos tradicionales, fractura la construcción de identidad cultural y dificulta el desarrollo de un sentido de pertenencia.

Estos nuevos migrantes al regresar a su comunidad de origen, ya no conocen los nombres de las especies de hongos, los sustratos específicos donde se desarrollan, las especies de árboles asociados, la temporada en que se encuentran, y menos aún, consumen de manera frecuente las diferentes especies de hongos comestibles, prefiriendo otro tipo de alimentos más procesados e



Figura 4. Guiso de *Schizophyllum commune*
(Fotografía de Edna Anaide Cerda Tiandón)

industrializados. Incluso, son más proclives a mostrar miedo a posibles intoxicaciones. Pero lo más grave quizá no sea el desplazamiento de los conocimientos y la modificación de las prácticas, sino la paulatina modificación de los gustos y el desarraigo a la tierra que traen los modos de vida que impuso la modernidad. Una persona de las que más años lleva en esta comunidad señaló “los muchachos de ahora ya no quieren saber nada de la comida del monte, ya son puro celular y pura hamburguesa y salchicha, puro procesado, pero pues es lo que han aprendido cuando se van...”.

Ante este panorama quedan más preguntas que respuestas. ¿Qué podemos hacer para salir de esta espiral donde los hongos silvestres parecieran solo un recuerdo de un modo de vida antiguo que ya no tiene lugar en las poblaciones modernas? Quizá el primer paso sea nombrar lo que se pierde: registrar estos saberes, diseñar programas escolares acordes a las realidades locales, y sobre todo hacer que los hijos de quienes migran sepan que en su tierra también hay hongos que esperan ser recordados

Conclusiones

Los campesinos de Playón de la Gloria conocen especies de hongos comestibles, los sustratos en los que se pueden encontrar, las temporadas en las que

aparecen; estos conocimientos son un ejemplo de cómo el vínculo activo con el territorio es un factor determinante para el mantenimiento del Conocimiento Micológico Tradicional. La migración que paradójicamente en un principio enriqueció estos saberes, hoy en día no sólo desplaza personas, sino que debilita el vínculo con el entorno en el que se crece, provocando pérdidas irreparables. Al fragmentarse esta identidad cultural, el entorno se vuelve ajeno y se pierde la sensibilidad hacia lo que nos rodea, si no se valoran los recursos como parte de nuestra historia o espiritualidad, la naturaleza queda vulnerable. Conocer estas dinámicas es fundamental para mantener la vitalidad de la diversidad biocultural. No es solo conservar especies sino conservar la memoria biocultural.

Referencias

- Aruj, R.S. (2008). Causas, consecuencias, efectos e impacto de las migraciones en Latinoamérica, *Papeles de población*, 14(55). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252008000100005&lng=es&tlng=es.
- Berkes, F. (1999). *Sacred Ecology. Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*. Taylor & Francis. DOI:10.1007/978-3-031-16840-6_1
- Burrola-Aguilar, C., Montiel, O., Garibay-Orijel, R., & Zizumbo-Villarreal, L. (2012). Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres en la región de Amanalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Micología*, 35, 01-16. <https://doi.org/10.33885/sf.2012.3.1094>
- Martínez, V. G. (2023). A más de 20 años de migración chiapaneca a Estados Unidos: mudanzas y persistencias. *Revista pueblos y fronteras digital*, 18, e686. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2023.v18.686>
- MMC. (2025) Dinámicas migratorias y desafíos para la niñez migrante en América del Sur: Informe de investigación con personas migrantes cuidadoras de menores de edad, 2025. www.mixedmigration.org
- Robles-García, D., Moreno-Fuentes, A., & Bautista-González J. A. (2021). Revisión al concepto de etnomicología desde su enfoque y desarrollo en México. *Árido-Ciencia* 6.1, 5-27.
- Romero-Balderas, K. G., Naranjo, E. J., Morales, H. H. 6 Nigh, R. B. (2006). Daños ocasionados por vertebrados silvestres al cultivo de maíz en la selva lacandona, chiapas, México. *Interciencia*, 31(4), 276-283. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400007&lng=es&tlng=es.

El Certamen Literario para conmemorar el tercer centenario de la muerte de Miguel de Cervantes Saavedra (1916)

Convocado por el Liceo Michoacano de Morelia

The Literary Competition commemorating the tercentenary of the death of Miguel de Cervantes Saavedra (1916)

Organized by the Liceo Michoacano of Morelia

Alfredo Carrera López

Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Contacto: 0213738f@umich.mx

Resumen. Este trabajo revisita la conmemoración del tercer centenario de la muerte de Miguel de Cervantes Saavedra realizada en Morelia en 1916, a través del Certamen Literario convocado por la sociedad científico-literaria Liceo Michoacano. Se sitúa el evento en el contexto histórico de las sociedades literarias locales, describe el proyecto cultural del Liceo Michoacano y su revista *Minerva*. El certamen dejó su registro en la revista de la sociedad y permite hoy acercarse a ese momento en que los actores de la literatura michoacana trabajaban por el arte y la cultura aún en tiempos revolucionarios.

Palabras clave. Literatura, Concurso, Liceo

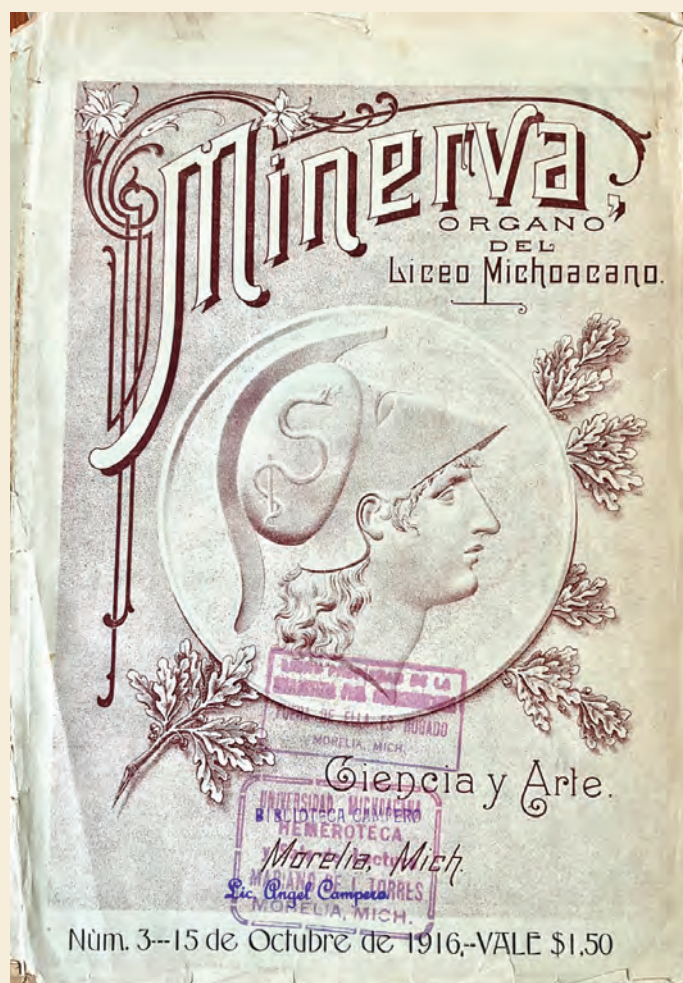
Abstract. This work revisits the commemoration of the third centenary of the death of Miguel de Cervantes Saavedra held in Morelia in 1916, through the Literary Contest organized by the scientific-literary society Liceo Michoacano. It places the event in the historical context of local literary societies and describes the cultural project of the Liceo Michoacano and its magazine *Minerva*. The contest left its mark on the society's magazine and today allows us to approach that moment when the actors of Michoacán literature worked for art and culture even in revolutionary times.

Key words. Literature, Contest, Liceo

1. Sociedades literarias y tradición cultural en Morelia

Desde el siglo XV en Italia existieron las agrupaciones de personas interesadas en estudiar la literatura de la antigüedad clásica, conocidas como Sociedades Literarias. Aunque se reconoce que fue en Francia durante el siglo XVIII cuando las reuniones literarias o artísticas se fortalecieron con una gran presencia. De esas agrupaciones emanaban escritores, poetas, pintores y músicos, principalmente. En Francia se les conocía como salones literarios, en los que se conversaba de literatura y también se leían textos propios. (Perales Ojeda, 2000: 27). Los escritores españoles de ese siglo también se agruparon, por lo que en México existen desde que era la Nueva España. Hay registro de ellas desde el inicio del siglo XIX, podría decirse que la literatura nacional de ese siglo está fundada por ellas. Además tenían intereses en la ciencia y el arte en general. (Perales Ojeda, 2000: 29).

En la ciudad de Morelia, como sucedía en el resto del país, se formaron sociedades y de acuerdo a Ángel Campero Calderón (1922: 2) es muy probable que la primera haya sido fundada el 20 de abril de 1850 con el nombre de La Muy



Portada de revista "Minerva".

Ilustre Junta Académica de Literatura, Moral y Política con sólo diez socios. Posterior a ella también destacada la Sociedad Literaria León XIII en la que estaban algunos autores como Donato Arenas López, Ortiz Vidales y Fidel Silva. A partir de ahí existieron otras sociedades, además crearon publicaciones que hasta el día de hoy se pueden consultar.

Estas asociaciones no solo promovían la creación literaria, sino que articulaban redes culturales, generaban publicaciones y organizaban certámenes, veladas y juegos florales,

consolidando una tradición local de sociabilidad intelectual que preparó el terreno para la creación del Liceo Michoacano.

2. El Liceo Michoacano: proyecto cultural y revista *Minerva*

El Liceo Michoacano fue fundado el 4 de julio de 1915 a iniciativa de Ángel Campero Calderón y Gabriel Herrejón Patiño como una sociedad científico-literaria bajo el lema de "Ciencia y Arte". Surgió con la intención de superar las debilidades organizativas de agrupaciones anteriores, manteniéndose al margen de influencias religiosas y políticas, y orientando su actividad exclusivamente al cultivo del arte y la ciencia. Además el título se tomó del periódico literario que se publicó en 1911, *El Liceo Michoacano*, en homenaje a su director Mariano de Jesús Torres.

Sus estatutos establecían un programa ambicioso: presentación de trabajos científicos y literarios, organización de veladas y tertulias, exploraciones culturales, creación de bibliotecas y colecciones, intercambio intelectual con otras instituciones y edición de publicaciones propias. Aunque no todas estas metas se concretaron, el Liceo logró consolidarse como el principal núcleo cultural de la ciudad en esos años, llegando a integrar hasta 127 miembros, numerarios, colaboradores y honorarios, entre ellos figuras relevantes de la vida intelectual nacional.

Uno de sus proyectos más importantes fue la revista *Minerva*, órgano oficial de difusión del Liceo, publicada entre agosto de 1916 y mayo de 1917. La publicación logró llegar al número 8. El contenido era principalmente poesía y cuento, también se incluyeron algunos textos de carácter científico, crónicas culturales. Además se incluyeron fotografías de algunos de sus miembros, de personas que incidían en la vida cultural de la ciudad, así como un *Estudio al oleo* de Juan Campero Calderón. Sus primeros dos números se dedicaron casi exclusivamente al certamen sobre Cervantes. La Hemeroteca Pública Universitaria de la UMSNH guarda un ejemplar dedicado a Jesús Romero Flores, firmado por Ángel Campero Calderón y fechado el 31 de marzo de 1958.

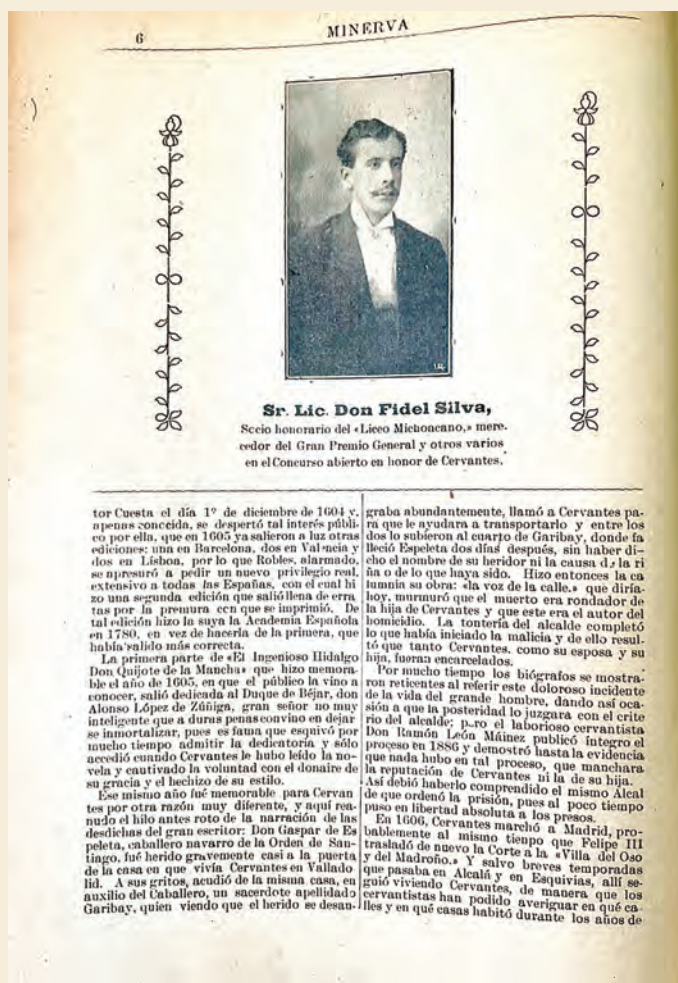
3. Certamen del tercer centenario de la muerte de Miguel de Cervantes Saavedra

A inicios de 1916, durante una de las asambleas regulares de la sociedad, los socios Manuel Fernández y Enrique Delgado propusieron la organización del concurso por el tercer centenario. Gabriel Herrejón Patiño fue el responsable de escribir las bases para tal. Era un fecha de interés general en los círculos literarios del país y en general de la lengua española, por lo que la celebración serviría como una buena presentación en los círculos nacionales. (Campero, 1922:)

Se convocó al certamen literario por el tercer centenario de la muerte de Miguel de Cervantes Saavedra recibiendo composiciones de dos tipos y aceptando cinco temas. En verso una categoría única, con extensión entre setenta y ciento cincuenta versos, con tema libre pero alusivo a Cervantes. En prosa los cuatro temas restantes: Psicología de Cervantes, con extensión libre; Esbozo de novela quijotesca con tema de actualidad, debía procurar imitar en cuanto fuera posible el

estilo del Quijote, su extensión entre tres mil y cinco mil palabras; Influencia de Cervantes en la literatura en general y especialmente en las letras nacionales, extensión libre y, el último tema, Estudio sobre la vida de Cervantes, que debía ser un estudio general sobre las obras de Cervantes, con un énfasis especial en mostrar cuales habían sido las dificultades que había vencido para dedicarse a la escritura, con extensión libre. ("Convocatoria", 1916: 2-3)

La convocatoria se envió a la prensa local y nacional suplicando su difusión, por lo menos se publicó en el periódico *El Pueblo* que dirigía Isidro Fabela en la capital del país (1916: 6). Además se enviaron a otras asociaciones, aunque no hay registro de a cuáles. Se recibieron trabajos de distintas regiones del país. La convocatoria se publicó el 16



Página de la revista "Minerva" con fotografía de Fidel Silva.

febrero y venció su plazo el 5 de abril. Se otorgaron premios generales y por categoría, así como menciones honoríficas.

El jurado designado para elegir a los ganadores estuvo compuesto por José Ugarte, Joaquín Barrera, Joaquín Romero y José Gaitán. El acta del jurado se firmó el 23 de abril de 1916. El jurado declaró en el acta que aunque no eran los más capaces para ello, había aceptado para ayudar al Liceo Michoacano. El primer premio general fue otorgado a

la composición de título “La psicología de Cervantes”, que tenía el seudónimo de *Ignotus*, y, de igual modo, el primer galardón del primer tema libre, la composición en verso, fue para “A Miguel de Cervantes”, firmada con el lema *Etiam si omnes, ego non*. Los dos trabajos fueron enviados por Fidel Silva. El segundo lugar del primer tema fue para la composición “Al esclarecido Ingenio Español, Don Miguel de Cervantes Saavedra”, firmada con el seudónimo *Dulcinea*, presentado por Severa Aróstegui. Se otorgaron menciones.

Respecto al segundo tema, psicología de Cervantes, el primer premio fue el mismo que ganó el principal, entregando el segundo para “La psicología de Cervantes”, firmada *Ad augusta per augusta*, perteneciente al Dr. José Torres, y hubo una mención honorífica para el texto “Psicología de Cervantes”, firmado por *Novaet vetera*, perteneciente a Ignacio Loureda. El tercer tema, esbozo de novela quijotesca con tema de actualidad, quedó desierto. En el cuarto tema, influencia de Cervantes en la literatura universal, el primer premio fue para “Influencia del Quijote en el pensamiento Hispano-Americano”, firmado con el seudónimo *Cervantófilo*, perteneciente a Manuel Torres Torija, y el quinto tema fue para “Conferencias sobre Cervantes”, firmada con el seudónimo *Un Chiapaneco*, también para Fidel Silva.

La entrega de los premios se realizó en el teatro Salón París, con música y otros números artísticos, la publicación *El Combate* cubrió el evento escribiendo una crónica que se replicó en el primero número de la revista *Minerva*.

Conclusiones

El Liceo Michoacano funcionó de manera ordinaria por lo menos durante un lustro, así dan cuenta los *Anales del Liceo Michoacano*, escritos por Campero Calderón y otras fuentes hemerográficas. Sin duda, los mayores registros de su actividad están en los momentos de mayor trascendencia en la vida cultural de la ciudad: la revista *Minerva* y el Certamen Literario por el tercer centenario de la muerte de Miguel de Cervantes Saavedra. De ellos tenemos una memoria física, además cobra importancia que haya sido durante el convulso periodo de la revolución mexicana cuando existió dicha asociación. Los textos ganadores están publicados, hace falta un acercamiento mucho más extenso valorar los resultados a más de cien años. Además de otros concursos que se realizaron, como los Primeros Juegos Florales de Morelia en 1903 —que ha revisado extensamente por Juan García Chávez— y los posteriores, sin duda el Liceo Michoacano generó una discusión que se enmarcaba en una conmemoración universal de que no dejó de ser parte.

Referencias

- (1916, febrero 25). Para conmemorar en su 3er. Centenario la muerte de Cervantes. *El Pueblo*. p. 6.
 (1916, agosto 15). Convocatoria. El Dictamen del Jurado. *Minerva*. pp. 1-4
 Campero Calderón, A. (1922) *Anales del Liceo Michoacano. Años 1915 a 1920*. Morelia, 1922 [?]. [Edición mecanografiada de once ejemplares.]
 Perales, A. (2000) *Las asociaciones literarias mexicanas*. UNAM.



Directrices para autores/as

La Revista Milenaria recibe propuestas originales de Divulgación, relacionadas con la Ciencia y el Arte, de temática libre. Los trabajos deberán tratar sobre hallazgos científicos, expresiones artísticas o presentar reflexiones sobre temas sociales, en un lenguaje claro y sencillo.

Los textos que deseen publicar, podrán postularse a través de la plataforma de Milenaria, Ciencia y Arte en la siguiente dirección: <http://www.milenaria.umich.mx/ojs/index.php/milenaria/about/submissions>

El autor debe registrarse en el portal de la revista para obtener su clave de usuario y contraseña, con las cuales podrá ingresar y subir a la plataforma su manuscrito, así como continuar el proceso editorial, revisando el estatus del mismo.

Los manuscritos recibidos estarán sujetos a un proceso editorial que se desarrolla en etapas, donde los autores deberán atender cada una de las observaciones y sugerencias que se le indiquen durante las revisiones. Los trabajos serán revisados por pares evaluadores, miembros del comité editorial de la Revista Milenaria y por revisores externos.

La extensión de los manuscritos tendrá un máximo de 6 cuartillas (incluyendo referencias), deberán estar escritos en formato Word de

12 puntos e interlineado de 1.5 y tener tres autores como máximo (al menos uno con clave ORCID). Deberá incluir figuras numeradas con un pie descriptivo adecuado. Revise los trabajos previos en: www.milenaria.umich.mx/ojs

Cada texto debe incluir: Título (con su traducción al Inglés), identificación de los autores, resumen (de hasta 250 palabras), 3 palabras clave, traducción al inglés del resumen y palabras clave (abstract, key words), cuerpo del texto (en el que se podrán incluir subtítulos relacionados al tema) conclusión y referencias. Redactar en Formato de Divulgación para el público en general, evitando la estructura de textos de investigación.

Al existir más de un autor, la misma persona no podrá ser primer autor y autor de correspondencia. En cada número no se publicará más de un texto con el mismo autor.

La lista de referencias deberá incluir únicamente las obras que fueron citadas en el texto y que hayan sido publicadas, señaladas en el sistema de la American Psychological Association (APA). Las referencias se presentarán en orden alfabético, sin enumeración ni viñetas, y en caso de más de una referencia del mismo autor(es) deberán registrarse en orden cronológico, agregando DOI o URL de acuerdo a lo que corresponda. Evitar las notas al pie de página.

No se publicarán los textos donde se transcriban citas de otros autores o propias publicadas en otras fuentes, sin hacer el señalamiento preciso. El uso de Inteligencia artificial (IA) solo será permitido para la creación de figuras y los autores deberán indicarlo. Cuando la IA sea detectada en la creación de contenidos, los textos serán descartados.

Una vez emitido el dictamen, se notificará al autor el resultado del proceso correspondiente.

Comité Editorial Facultad de Salud Pública y Enfermería, UMSNH.

Dibujando los días



Webcómic para comer aquí y para llevar comiendo
<https://dibujandolosdias.tumblr.com/>



Aspirinas para el alma

De lágrimas y rostros

*Es obvio que una lágrima recorre un lapso de lo vivido,
Un intento vano de lavar el dolor,
Escrito por pesadillas que el rostro no olvida,
Pero solo aumentan el mar de penas del mundo.
Tengo la teoría de que tu sonrisa es luz,
Inseminación del agua de la vida,
Es de ahí de donde salen los bailes caribeños,
Los domingos de playas, con cantos felices,
de ballenas y peces.
Pero una lágrima en tu rostro,
Es huella que sigo perseverante,
Aunque haya riesgo de ahogarme,
Eres una costa que el faro me indica a seguir.*

Roger Guadalupe Sáenz Escobar
roger.saenz@umich.mx

Fotografía tomada de Pexels.com

Académico Moreliano de la UNAM recibe el Premio Princesa de Girona Internacional 2026

El astrofísico José Eduardo Méndez Delgado fue reconocido con el Premio Princesa de Girona Internacional 2026 en la categoría de Investigación. La proclamación del galardón se realizó en el Gran Teatre del Liceu de Barcelona, en un acto encabezado por el rey Felipe VI y la Princesa Leonor, en el marco del Tour del Talento de la Fundación Princesa de Girona.

Formado en escuelas públicas de Morelia, Michoacán, José Eduardo Méndez Delgado encontró en la física una vocación que consolidó en la Universidad Nacional Autónoma de México, donde cursó la Licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias.

Se graduó con mención honorífica bajo la tutoría del astrónomo Manuel Peimbert.

Desde entonces, su trabajo se ha centrado en la física y química del medio interestelar, en particular en el análisis de nebulosas y de las Nubes de Magallanes, líneas de investigación fundamentales para reconstruir la historia química del cosmos.

A sus 31 años, ha publicado más de cincuenta artículos científicos en revistas de alto impacto —incluidas Nature y Nature Astronomy— que acumulan más de mil citas académicas. Su labor incluye también la creación de DESIRED, una base de datos internacional que recopila espectros profundos de regiones ionizadas y que fortalece la colaboración científica global.

Su trayectoria había sido ya reconocida previamente: fue finalista del Premio Princesa de Girona en 2025 y recibió el Premio Ernst Patzer 2024 del Instituto Max Planck de Astronomía, consolidando un perfil científico de alcance internacional.

Tomado de: https://unamglobal.unam.mx/global_revista/jose-eduardo-mendez-delgado-premio-princesa-girona-astrofisica/



Especializado en el estudio de nebulosas ionizadas y en la medición de abundancias químicas, Méndez Delgado trabaja en uno de los problemas centrales de la astrofísica: comprender la composición del universo y los procesos que dan forma a las galaxias.

Su trayectoria lo ha llevado a instituciones de alto nivel en Europa, donde realizó estudios de posgrado y desarrolló investigación de frontera. En 2023, logró resolver un problema histórico en su campo: la discrepancia en las mediciones de abundancias químicas en nebulosas, un hallazgo publicado en la revista Nature que redefinió modelos teóricos clave para entender la evolución del universo.



Académico Moreliano de la UNAM recibe el Premio Princesa de Girona Internacional 2026

El astrofísico José Eduardo Méndez Delgado fue reconocido con el Premio Princesa de Girona Internacional 2026 en la categoría de Investigación. La proclamación del galardón se realizó en el Gran Teatre del Liceu de Barcelona, en un acto encabezado por el rey Felipe VI y la Princesa Leonor, en el marco del Tour del Talento de la Fundación Princesa de Girona.

