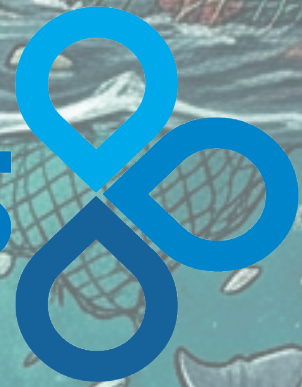


# sabermás

Revista de Divulgación  
de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Año 15 / Número 86 / 2026  
Morelia, Michoacán, México

U.M.S.N.H.

ISSN 2007-7041



UNIVERSIDAD MICHOCACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*

ISSN-2007-7041

# CONTENIDO



Imagen generada con IA. Gemini.google.com

## Polihidroxiclcanoatos: El plástico de las bacterias

52

### ARTÍCULOS

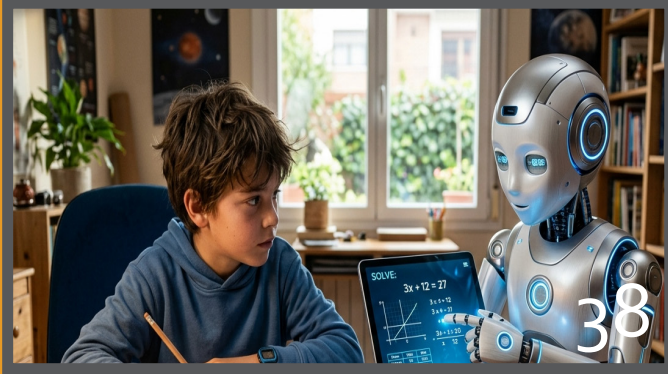
Retos para implementar la educación en derechos humanos en México	19
Odontofobia: ¡Terror en el sillón dental!	25
Para cualquier dolor corporal, un «AINE» te espera	30
Microbiota intestinal y anorexia: ¿una conexión inesperada?	34
Estudiantes 4.0: Creando el futuro con IA	38
Profesionalización y corrupción, obstáculos en la seguridad pública	43
Diversidad sexual y de género: Más allá del binario	47
Flúor y arsénico en el agua: El enemigo invisible de tu salud	62
Ecoansiedad: ¿Qué es y cómo afrontarla?	67
La independencia judicial en una sociedad democrática	72
Compartiendo el mismo mar turquesa: Entre pescadores y tortugas marinas	76
Endófitos de semillas: El origen de una relación	81
La radiación solar: Una afectación a la piel	85
¿Debemos preocuparnos por las enfermedades no transmisibles?	89



19



30



38



47



62



72

**ENTÉRATE**

Efectos inesperados del glifosato en la salud de las abejas 6

¿Cómo y cuánto contamina tu coche? 9

**TECNOLOGÍA**

Navegando el futuro: Vehículos eléctricos acuáticos 92

**UNA PROBADA DE CIENCIA**

*El origen de las especias* 93

**CIENCIA EN POCAS PALABRAS**

Los maravillosos hongos micorrícicos arbusculares 100

**LA CIENCIA EN EL CINE**

*Proyecto Hail Mary o las amibas llegaron ya...* 104

**NATUGRAFÍA**

*Crotalus polystictus (Cascabel ocelada)* 107

**QUEHACER CIENTÍFICO NICOLAITA**

Tres nuevas patentes Nicolaitas se registran en el IMPI 108



**Entrevista Dr. Jaime Espino Valencia**

Investigador y profesor de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

12

# DIRECTORIO



## Rectora

Yarabí Ávila González

## Secretario General

Javier Cervantes Rodríguez

## Secretario Académico

Antonio Ramos Paz

## Secretario de Difusión Cultural

Miguel Ángel Villa Álvarez

## Coordinador de la Investigación Científica

Jaime Espino Valencia

## Secretario Administrativo

César Macedo Villegas

## Secretario Auxiliar

Jorge Alberto Manzo Méndez

## Abogado General

Jesús Alfonso Guerra Cruz

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 15, No. 86, Marzo - Abril, es una publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, [sabermas.publicaciones@umich.mx](mailto:sabermas.publicaciones@umich.mx), [sabermasumich@gmail.com](mailto:sabermasumich@gmail.com). Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Área de Tecnologías y Procesos de Información de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, abril 2026. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.



## Revista editada por la Coordinación de la Investigación Científica

### Director

Dr. Jaime Espino Valencia  
Coordinador de la Investigación Científica

### Director-Ejecutivo

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Instituto de Investigaciones Químico Biológicas  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

### Editor en Jefe

Dr. Horacio Cano Camacho  
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

### Comité Editorial

**Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez**  
Instituto de Física y Matemáticas  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

**Dra. Adela Rendón Ramírez**  
Presidenta de la RED GLOBAL MX, Capítulo España,  
Sede Embajada de México en Madrid, España.

### Dra. Leonor Solis Rojas

Contacto Institucional con medios masivos de comunicación y responsable de las redes sociales del IIES, UNAM, Campus Morelia.

### Dra. Martha Eva Viveros Sandoval

Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas  
"Dr. Ignacio Chávez"  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

### Dra. Nandinii Barbosa Cendejas

Facultad de Ingeniería Eléctrica,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

### Diseño y Edición

T.D.G. Maby Elizabeth Sosa Pineda  
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

### Corrección de estilo

Lourdes Rosangel Vargas

### Administrador de Sitio Web

Fidel Anguiano Rodríguez

### Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

# EDITORIAL

Estimados lectores y apasionados de la ciencia: Nos complace darles la bienvenida al número 86 de *Saber Más* (marzo-abril 2026), una edición que refleja fielmente nuestro compromiso con la divulgación: tender puentes entre el conocimiento científico, el análisis crítico y la sostenibilidad de nuestro planeta. La ciencia no solo nos ayuda a entender los problemas del presente, sino que nos dota de las herramientas tecnológicas para diseñar un futuro mejor.

En esta ocasión, nos enorgullece presentar como nuestro **artículo de portada** una investigación fascinante y sumamente necesaria para los tiempos actuales: «*Polihidroxicanoatos: El plástico de las bacterias*». Ante la innegable crisis ambiental por la contaminación de plásticos convencionales, la biotecnología nos ofrece una alternativa asombrosa.

Acompañando a nuestra portada, el cuerpo de artículos de este número ofrece un viaje diverso y enriquecedor por la salud, la sociedad, la tecnología y el medio ambiente.

Analizamos a fondo los retos de nuestro entorno con temas cruciales como «*Retos para implementar la educación en derechos humanos en México*», los problemas estructurales en «*Profesionalización y corrupción, obstáculos en la seguridad pública*», la vital importancia de «*La independencia judicial en una sociedad democrática*» y derribamos mitos en «*Diversidad sexual y de género: Más allá del binario*».

Exploramos desde el miedo común en «*Odonofobia: ¡Terror en el sillón dental!*» y el uso cotidiano de analgésicos en «*Para cualquier dolor corporal, un «AINE» te espera*», hasta fronteras médicas asombrosas como la conexión entre la «*Microbiota intestinal y anorexia*», el impacto de las enfermedades no transmisibles y cómo la radiación solar afecta nuestra piel.

Nos asomamos a las aulas del mañana con «*Estudiantes 4.0: Creando el futuro con IA*», anali-

zando cómo la inteligencia artificial está reconfigurando el aprendizaje.

Y para leer sobre medio ambiente y conciencia: Te invito a reflexionar sobre las amenazas ocultas en «*Flúor y arsénico en el agua: El enemigo invisible de tu salud*», el fenómeno psicológico de la «*Ecoansiedad*», la simbiosis vegetal en «*Endófitos de semillas*», y la entrañable convivencia en «*Compartiendo el mismo mar turquesa: Entre pescadores y tortugas marinas*».

En nuestras Secciones con temas de curiosidad, viajamos al pasado gastronómico para descubrir «*El origen de las especias*» (Una Probada de Ciencia), adentrándonos en la ciencia ficción literaria con un análisis de «*Proyecto Hail Mary o las amibas llegaron ya...*» (La Ciencia en el Cine) y valoramos el éxito institucional con la gran noticia de que «*Tres nuevas patentes Nicolaitas se registran en el IMPI*» (Quehacer Científico Nicolaita). Además, conversamos de cerca con la academia a través de nuestra Entrevista al Dr. Jaime Espino Valencia, Coordinador de la Investigación de nuestra Universidad y Director de *Saber Más*. En la sección *La Ciencia en Pocas Palabras* descubrimos el fascinante mundo subterráneo de «*Los maravillosos hongos micorrízicos arbusculares*» y en la de Tecnología conoce acerca de la innovación sustentable de «*Navegando el futuro: Vehículos eléctricos acuáticos*». En Entérate ponemos el foco en la emergencia ecológica y tecnológica evaluando los «*Efectos inesperados del glifosato en la salud de las abejas*» y el impacto automotriz en «*¿Cómo y cuánto contamina tu coche?*».

## La Ciencia se Comparte

El conocimiento pierde su fuerza si se queda guardado. Por ello, los invitamos no solo a disfrutar, reflexionar y aprender con las páginas de este número, sino a convertirse en agentes activos de la divulgación. Lean, cuestionen y compartan estos artículos con sus amigos, familiares y alumnos. Cada conversación que generamos a partir de la ciencia es un paso hacia una sociedad más informada, crítica y libre.

¡Que disfruten la lectura!

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Director Ejecutivo de Saber Más



COORDINACIÓN  
DE LA INVESTIGACIÓN  
CIENTÍFICA



DEPARTAMENTO  
DE COMUNICACIÓN  
DE LA CIENCIA



ANUIES - TIC



Ciencia y Tecnología  
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

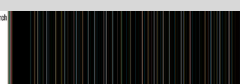


Dialnet

MIAR

latindex

Directory of Research  
CRLJ Journals Listing



LatinREV

## ENTÉRATE

### Efectos inesperados del glifosato en la salud de las abejas

\*Tsiri Díaz-Guerrero y Carlos González-Esquível



<https://pixabay.com/es/photos/abejorro-abeja-bombazo-insecto-5497276/>

#### Resumen

Las abejas melíferas son cruciales para la agricultura y la seguridad alimentaria mundial, no solo por la miel, sino por su rol en la polinización. Son esenciales para la producción de cultivos comerciales de alto valor como el aguacate y el arándano, mejorando su calidad, calibre y vida de anaquel. También son indispensables para la reproducción de muchas plantas en parques y bosques, ofreciendo importantes servicios ecosistémicos. Además de la polinización, sus productos y subproductos tienen usos en el cuidado de la salud; por ejemplo, el veneno de abeja se usa para tratar múltiples enfermedades, el propóleo para afecciones respiratorias y la jalea real en productos de belleza. Su protección es fundamental.

**Palabras clave:** Abejas, diversidad de polen, efectos inesperados, glifosato.

Las abejas, que nos proveen de tantos servicios, al igual que otros insectos, enfrentan múltiples desafíos que ponen en riesgo su salud por la aparición de nuevas plagas y enfermedades, el cambio climático, la pérdida y fragmentación del hábitat, así como por los plaguicidas. Los efectos letales y subletales de los plaguicidas sobre las abejas han sido ampliamente estudiados; sin embargo, aún hace falta generar más información sobre los efectos indirectos de algunos plaguicidas considerados como seguros, particularmente en su salud, reproducción y nutrición.

Una correcta nutrición es esencial para el desarrollo de la colonia de abejas. La cantidad y calidad del alimento consumido afecta la longevidad de las abejas adultas, la supervivencia y la productividad de las colmenas, así como su inmunidad y tolerancia a patógenos y pesticidas. Las abejas

consumen principalmente carbohidratos que obtienen del néctar de las plantas y que procesan mediante la adición de enzimas y microorganismos, además de reducir el contenido de agua mediante el aire caliente generado por el aleteo de sus alas. También consumen proteínas que obtienen de manera intencionada —o no— mientras buscan el néctar de las plantas.

El polen, rico en nutrientes, es su principal fuente de alimento durante el estadio larval y durante los primeros días de vida de las abejas adultas, ya que proporciona proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y sales minerales. Las abejas procesan el polen dentro de la colonia mediante fermentación antes de su consumo, gracias a la acción de microorganismos como levaduras y lactobacilos que liberan y producen nutrientes esenciales para ellas. Estos nutrientes son necesarios para el desarrollo de órganos y tejidos, así como para la formación de reservas de grasa.

La obtención de polen —ya sea intencionada o no (por ejemplo, cuando las abejas buscan néctar y el polen se adhiere a sus escopas o pelo)— depende principalmente de su disponibilidad en el paisaje. Los ambientes con mayor diversidad de especies de plantas pueden proporcionar polen más variado para las abejas, y un polen más variado representa una dieta rica en los nutrientes esenciales que las abejas necesitan para su correcto desarrollo. En los

monocultivos, esa diversidad depende fundamentalmente de las especies de arvenses o malezas presentes en el cultivo principal y de la agresividad de los métodos utilizados para su control. Cuanto más intensivo y extensivo sea el método de control, habrá menor disponibilidad de alimentos diversos para las abejas y, por lo tanto, su salud y nutrición se verán afectadas.

Para el control de estas arvenses, se utilizan diferentes métodos:

- **Métodos físicos.** Se utiliza principalmente el deshierbe manual, el uso de coberturas plásticas o maquinaria, entre otros.
- **Métodos biológicos.** Aprovechan el uso de organismos vivos para el control o mediante el cultivo de otras especies que compitan con las malezas y además tengan una función para el cultivo principal, como los abonos verdes.
- **Control químico.** Se utilizan herbicidas.

La composición de las arvenses en el cultivo varía según el método de control utilizado, ya que se favorecen las especies que mejor resisten al método aplicado. Además, cuanto más agresivo es el método, como en el caso del control químico, menor es la diversidad de las malezas y, por lo tanto, las abejas tendrán menos opciones de alimentos disponibles para su consumo.



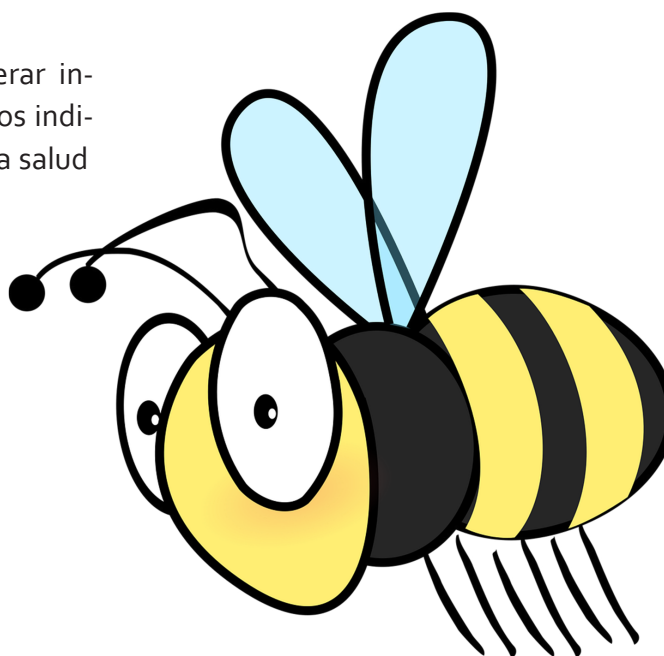
Uno de los plaguicidas más utilizados en el mundo para el control de malezas es el glifosato; pero no se utiliza únicamente en la producción de alimentos, sino también en la industria, en el gobierno y, de manera casera, en los jardines. El glifosato puede tener múltiples efectos negativos sobre las abejas, reduciendo las posibles fuentes de alimentación debido a su actividad herbicida. Además, reduce el aprendizaje olfativo de las abejas, la navegación, la capacidad antioxidante para reducir los efectos de las especies reactivas de oxígeno, el metabolismo de las vitaminas, su capacidad de descanso y los microorganismos asociados al intestino de las abejas cuando estas lo consumen de manera no intencionada. También puede contaminar la miel, exponiendo a las personas que la consumen a sus efectos negativos y afectando de manera indirecta la producción de miel. En síntesis, el glifosato puede tener una gran variedad de efectos negativos inesperados sobre las abejas.

En este contexto, es necesario generar información básica y aplicada sobre los efectos indirectos de plaguicidas como el glifosato en la salud de las abejas. El objetivo es comprender

su impacto en la diversidad del polen recolectado por las abejas en cultivos donde se aplica este herbicida, en comparación con aquellos en los que el control de malezas se realiza mediante métodos alternativos y, con ello, promover un uso más seguro de este producto.

**\*Tsiri Díaz-Guerrero.** Posdoctorante del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. Morelia, Michoacán, México.  
[tdiaz@cieco.unam.mx](mailto:tdiaz@cieco.unam.mx)

**\*Carlos González-Esquivel.** Investigador titular del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. Morelia, Michoacán, México.  
[cgesquivel@iies.unam.mx](mailto:cgesquivel@iies.unam.mx)



Ashworth L., Quesada M., Casas A., Aguilar R. y Oyama K. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142(5), 1050-1057. <file:///C:/Users/Rosangel%20Vargas/Downloads/Ashworth.et.al.Pollinator-DependentFood.BiolCons.09.pdf>

Rossi E.M., Melgarejo L., Mendonça-Oliveira de Souza M., Ferrer G., Talga D.O., De Oliveira-Barcelos R. y Cabaleiro F. (2020). *Abejas & Agrotóxicos: Recopilación sobre las evidencias científicas de los impactos de los*

*agrotóxicos en las abejas* – Petición ante la Relatoría DESCA de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos. (En español). 29 de mayo de 2020.

Ruiz-Toledo J., Vandame R., Castro-Chan R.A., Penilla-Navarro R.P., Gómez J. y Sánchez D. (2018). Organochlorine pesticides in honey and pollen samples from managed colonies of the honeybee *Apis mellifera* Linnaeus and the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* Guérin from Southern, Mexico. *Insects*, 9(2), 54. <https://doi.org/10.3390/insects9020054>

# ENTÉRATE

## ¿Cómo y cuánto contamina tu coche?

\*Juan Carlos Pulido-Ocegueda y José María Ponce-Ortega



<https://pixabay.com/es/photos/tr%C3%A1fico-diesel-3806441/>

### Resumen

En los últimos años, el impacto ambiental se ha convertido en un tema destacado a nivel mundial, debido a la contaminación generada por diversas actividades cotidianas, como cocinar, lavar, utilizar equipos eléctricos y, especialmente, conducir un automóvil. En este contexto, resulta importante comprender de qué manera nuestras acciones diarias influyen en el medioambiente y cuál es el nivel de contaminación que producen. Este artículo tiene como objetivo analizar el consumo energético y la contaminación generada por dos tipos de vehículos: un automóvil estándar de cuatro cilindros que utiliza gasolina y un camión que funciona con diésel y transporta 25 toneladas de carga. Para ello, se emplea un análisis de ciclo de vida desde la cuna hasta la rueda, con el fin de evaluar el impacto ambiental asociado a su funcionamiento.

**Palabras clave:** Combustibles, contaminación, emisiones, vehículo.

**E**n México, la industria automotriz es uno de los pilares del sector manufacturero, ya que el país produce la mayor cantidad de vehículos de motor en América Latina. En los últimos años, las ventas de esta industria han aumentado debido tanto a las necesidades de movilidad de la población como al crecimiento del transporte asociado a las cadenas de suministro de productos. Como resultado, es cada vez más común ver automóviles en las periferias de las ciudades. Pero, ¿te has preguntado cómo y cuánto contamina tu coche?

### ¿Qué consumo energético tiene un vehículo al recorrer 100 km?

En la industria automotriz se produce una gran variedad de vehículos que van desde automóviles de cuatro cilindros (coches pequeños) hasta vehículos de ocho cilindros, como camionetas grandes y unidades de carga pesada. Estos vehículos pueden utilizar distintos tipos de combustibles, como gaso-

lina o diésel. En los últimos años, además, han ingresado al mercado vehículos eléctricos e híbridos, que combinan combustibles fósiles con fuentes de energía eléctrica o funcionan exclusivamente con electricidad.

Cada tipo de vehículo presenta un consumo energético distinto, el cual depende del combustible que utilice y de diversos factores, como el tipo de llantas, el peso del vehículo, el uso del aire acondicionado o la carga que transporta. Una forma sencilla de comparar este consumo es considerar un recorrido de referencia de 100 km.

A modo de ilustración, pensemos en un automóvil estándar de cuatro cilindros que utiliza gasolina y en un camión de 25 toneladas que funciona con diésel. Si ambos parten de un punto específico y recorren 100 km, el automóvil consumiría aproximadamente 8.33 litros de gasolina, mientras que el camión requeriría alrededor de 35 litros de diésel (Figura 1). A partir de estos valores, y mediante un factor de conversión energética —según el cual un litro de gasolina genera aproximadamente 9.6 kWh y un litro de diésel 10.7 kWh—, es posible estimar el consumo energético total: cerca de 80 kWh para el automóvil y 374.5 kWh para el camión de 25 toneladas.

### ¿Cuánto contaminan estos vehículos?

Existen distintas herramientas para evaluar el impacto ambiental de los vehículos. Una opción consiste en utilizar factores de conversión basados en el consumo de combustible para estimar los kilogramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente generados. Cabe destacar que esta unidad de medida es ampliamente utilizada a nivel mundial para representar el impacto ambiental asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Otra alternativa es emplear programas informáticos que permiten llevar a cabo evaluaciones

más completas, conocidas como «análisis de ciclo de vida». Un ejemplo es el modelo *Greenhouse Gases, Regulated Emissions and Energy Use in Transportation* (GREET, por sus siglas en inglés). El uso de este tipo de software permite analizar diversos aspectos ambientales relevantes, como la energía total consumida por un vehículo al recorrer cierta distancia, el consumo de agua asociado y las emisiones de gases de efecto invernadero generadas. No obstante, para hacer estos análisis es necesario contar con información más detallada sobre las características del vehículo, como el tipo de motor o el sistema de encendido, ya sea por chispa o por inyección, entre otros factores.

Volviendo al ejemplo del automóvil estándar y del camión de 25 toneladas que recorren 100 km, como ya se mencionó, estos consumen 8.33 litros de gasolina y 35 litros de diésel, respectivamente. A partir de estos valores es posible estimar las emisiones generadas mediante el uso de factores de conversión que transforman el consumo de combustible en kilogramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente.

En la siguiente figura se puede observar que el automóvil genera aproximadamente 19.20 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, mientras que el camión produce alrededor de 94.07 kg de CO<sub>2</sub> equivalente. Estas emisiones serían comparables, en términos de impacto, a la quema de alrededor de 9.53 kg y 47.20 kg de carbón, respectivamente.

### ¿Cuántas emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente se generan en México durante todo el año?

México cuenta con diversos sectores que sostienen el flujo económico del país, entre ellos el energético, el industrial, el agropecuario, el alimentario y el de transporte, por mencionar algunos. No obstante, muchas de las actividades realizadas en estos sectores generan emisiones de dióxido de

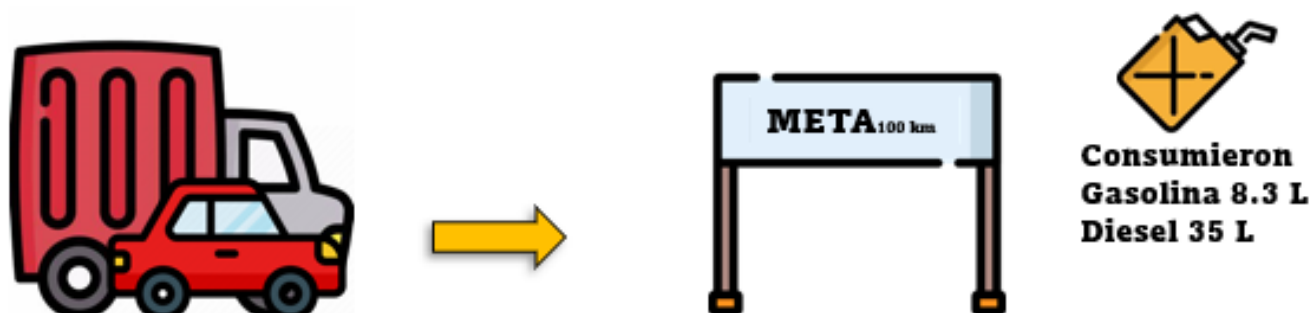


Figura 1. Consumo de combustible de vehículos al recorrer 100 km. Elaboración propia.

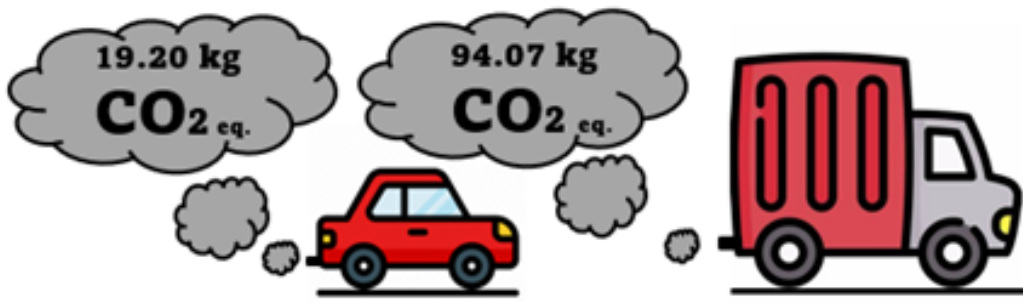


Figura 2. Contaminación generada por vehículos al recorrer 100 km. Elaboración propia.

aproximadamente 1.15 millones de toneladas diarias y una generación per cápita de 3.09 toneladas por habitante. Esta reducción se ha asociado, en parte, con diversas iniciativas

impulsadas por el gobierno para promover el uso de energías renovables, biocombustibles y prácticas más amigables con el medioambiente.

carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente año con año (Figura 3).

De acuerdo con el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero*, elaborado por el gobierno de México, en 2019 el país emitió 534.69 millones de toneladas netas de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que representa cerca de 1.46 millones de toneladas al día. Dentro de este total, el sector transporte fue responsable del 17.27 % de las emisiones.

Para 2021, las emisiones generadas en México se estimaron en 418.34 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, es decir,

*\*Juan Carlos Pulido-Ocegueda. Estudiante de doctorado en Ciencias en Ingeniería Química, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 2027805h@umich.mx*

*\*José María Ponce-Ortega. Profesor de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. jose.ponce@umich.mx*

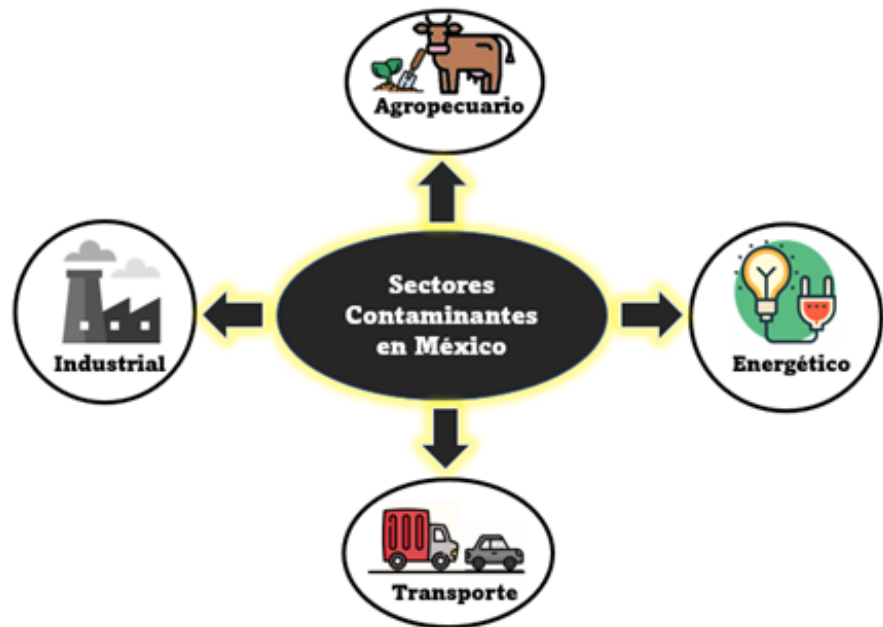


Figura 3. Sectores contaminantes en México. Elabción propia.



ABC Motor. (2020). Eléctricos vs. combustión: diferencias de consumo, rendimiento y coste por kilómetro. ABC Motor. [https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-electricos-combustion-diferencias-consumo-rendimiento-y-coste-kilometro-202006020150\\_noticia.html](https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-electricos-combustion-diferencias-consumo-rendimiento-y-coste-kilometro-202006020150_noticia.html)

EPA. (2023). Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculado->

[ra-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos](#)

INEGyCEI. (2021). Presenta INECC el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2019. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://www.gob.mx/inecc/articulos/presenta-inecc-el-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-1990-2019-284532?state=published>

## ENTREVISTA

Dr. Jaime Espino Valencia

Por: Rafael Salgado Garciglia



**E**l Dr. Jaime Espino Valencia es Licenciado en Ingeniería Química y Maestro en Metalurgia y Ciencias de los Materiales, por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y Doctor en Ciencias de los Materiales por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), en la ciudad de Chihuahua. Es Profesor Investigador Titular C, Tiempo Completo, adscrito a la Facultad de Ingeniería Química de la UMSNH, de la cual ha sido Secretario Académico, Director, colaborador en el proceso de Acreditación y posteriormente responsable de la Reacreditación del programa educativo de la licenciatura en Ingeniería Química.

Dentro de la docencia, ha impartido diversas asignaturas en la Licenciatura en Ingeniería Química y participa en la impartición de cursos a nivel de maestría y doctorado. Forma parte del claustro académico del Posgrado en Ciencias en Ingeniería Química, ha sido Coordinador del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química y ha contribuido de manera

importante en la formación de recursos humanos a nivel de licenciatura, maestría y doctorado.

En el ámbito administrativo, ha ocupado diversos cargos de responsabilidad dentro de la UMSNH. Se ha desempeñado como Secretario Académico de la Universidad, Coordinador de los programas Institucionales MultiDES ahora EESI (Escuela de Estudios Superiores Interdisciplinarios), Coordinador General de Estudios de Licenciatura y actualmente es el Coordinador de la Investigación Científica.

Fue presidente del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos sección Morelia. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNI), Nivel 1 (Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación), es Investigador Estatal Honorífico en Michoacán (Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación) y cuenta con Perfil PRODEP deseable.

Su investigación científica la ha enfocado a realizar síntesis y estudio de diversos materiales orientados a contribuir al análisis y solución de problemáticas ambientales prioritarias. Entre sus líneas de investigación destacan el estudio de reacciones químicas relacionadas como la fotocatalisis para la degradación y análisis de plaguicidas y herbicidas, la remoción de contaminantes presentes en el agua —como colorantes y compuestos farmacéuticos—, así como el desarrollo de procesos químicos asociados con combustibles fósiles.

**¿Qué fue lo que le apasionó de la ingeniería química cuando era estudiante, que lo llevó a obtener un doctorado en ciencias e incursionar como investigador científico?**

Como estudiante de bachillerato me interesaba el pensar y explicar cómo funciona la química en la vida cotidiana, de ahí resultó interesante el despertar la inquietud por saber cómo es que una sustancia se puede transformar en un producto a través de la ayuda de un catalizador y poder comprender como un material que puede ser sólido o líquido, mejora o detiene una reacción química, adicional a lo anterior; el mundo de los materiales es importante, ya que todo lo que nos rodea es materia y puede presentar diversas transforma-

ciones físicas o químicas, algunas de ellas de manera natural como la fotosíntesis, el ciclo del agua, la combustión entre otros muchos fenómenos que son interesantes y que es necesario emular como lo realiza la naturaleza. De tal manera, que a través de la síntesis de sólidos catalíticos nos permite contribuir al estudio y solución de grandes problemas que hoy nos aquejan, además de ser prioritarios en el ámbito de la contaminación en sus diferentes manifestaciones.

**Ya que su formación académica transita desde la Ingeniería Química y la Metalurgia hasta las Ciencias de los Materiales ¿Cómo ha moldeado esta visión multidisciplinaria su enfoque actual para resolver problemas complejos en la investigación?**

Mi formación en distintas áreas del conocimiento me ha permitido observar los procesos que suceden alrededor de un fenómeno de manera más integral, al tener la formación en ingeniería química me proporcionó tener una base de conocimiento en el análisis de procesos, la cinética y pensar en el escalamiento, apoyado con ciencias básicas como la química y las matemáticas. Posteriormente con el paso por la metalurgia y ciencias de los materiales, comprendí como la energía y el procesamiento pue-





den modificar la microestructura de un material, y como ésta a la vez influye directamente en sus propiedades físico-químicas, de tal manera que permita obtener las especies que son activas para las diversas reacciones. Adicional a lo anterior, también me llevó a comprender que estas transformaciones son necesarias como entidades activas (sitios activos) para llevar a cabo una reacción química.

Esta trayectoria me ha llevado a abordar los problemas de investigación no de manera aislada, sino como sistemas complejos donde intervienen múltiples variables. Procuero siempre entender la relación entre el procesamiento, la estructura y las propiedades del material, considerando además su aplicación final, de tal forma que, la multidisciplinariedad ha fortalecido mi capacidad para analizar, integrar y proponer soluciones, ya que en nuestra vida cotidiana es importante interactuar y proponer soluciones con otras áreas de formación con Físicos, Biólogos, Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Eléctricos, Biotecnólogos, etc.

**Una de sus líneas de investigación más relevantes es la remoción de contaminantes en el agua, como fármacos y colorantes. ¿Qué tan cerca estamos de que estas tecnologías desarrolladas en el laboratorio se apliquen a escala real para el beneficio de las comunidades michoacanas?**

Podríamos comentar que en la actualidad la generación de estrategias y del conocimiento ya no se encuentra en una etapa puramente de laboratorio, ya que la aplicación de diversas tecnologías han demostrado que funcionan a escala piloto e incluso real, pero su implementación aún enfrenta barreras técnicas, económicas e institucionales, es decir que las tecnologías que hasta hoy han sido reveladas, pueden ser efectivas para remover fármacos y colorantes haciendo uso de: la fotocatalisis, procesos tipo Fenton, procesos enzimáticos o bien la electroquímica, con eficiencias de remoción que aún es necesario mejorar su rendimiento. También se ha hecho uso de biomateriales como catalizadores entre los que se encuentran las fibras dopadas con algunos metales que pueden lograr remover un porcentaje significativo de contaminantes, entre los que destaca al acetaminofén (paracetamol), algunos colorantes o plaguicidas, es decir, que hasta ahora la ciencia ha logrado contribuir a resolver el "cómo" eliminar o "adsorber" estos contaminantes. Algunos sistemas avanzados como los biorreactores acoplados con membranas, han alcanzado remociones importantes para ciertos fármacos en condiciones reales, sin embargo, muchas plantas de tratamiento de agua en México no están diseñadas para remover varios de los contaminantes llamados emergentes como fármacos, colorantes,

plaguicidas o herbicidas. Además, de manera general no se encuentran bajo norma o regulación, por lo que falta la implementación de tecnologías complementarias, lo que implica que pueden ser más caras que los tratamientos convencionales. Por lo que, es necesario pensar en procesos químicos que en conjunto a políticas públicas permita el adaptar tecnologías en comunidades rurales o semiurbanas, las cuales sean de bajo costo, bajo mantenimiento y operación sencilla.

**La degradación de plaguicidas mediante fotocatalisis es un tema crítico para la salud ambiental. ¿Podría explicarnos de manera sencilla cómo esta tecnología puede ayudar a mitigar el impacto del uso de agroquímicos en el campo?**

La fotocatalisis es un proceso que utiliza la luz, en muchos casos en el rango de la luz ultravioleta o bien visible, por tanto, podría usarse la luz del sol, que junto con materiales especiales (fotocatalizadores) como el dióxido de titanio, puede descomponer sustancias contaminantes. Cuando este material (fotocatalizador) recibe luz, se activa y genera partículas muy reactivas llamados "radicales libres" los cuales rompen las moléculas de los plaguicidas, transformándolos en compuestos mucho menos dañinos y en muchos casos en agua o

dióxido de carbono. En el ámbito agrícola, puede ser de mucha utilidad porque permite reducir los residuos de plaguicidas en el suelo y el agua. Por ejemplo, si se aplicara en sistemas de riego o en superficies expuestas al sol, podría ayudar a degradar estos químicos antes de que se acumulen o lleguen a cuerpos de agua, por lo que, disminuiría el riesgo tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas. Por otro lado, lo que debemos saber es que no todos los plaguicidas se degradan con la misma facilidad, y la eficiencia depende de factores como la intensidad de la luz solar, tipo de compuestos presentes y el fotocatalizador a utilizar. Por lo que, es importante seguir investigando para que esta tecnología sea más económica y fácil de implementar a gran escala.

**Su trabajo también abarca procesos químicos asociados con combustibles. En el contexto actual de crisis climática, ¿hacia dónde cree que debe dirigirse la ingeniería química para transitar a fuentes de energía más limpias?**

Algunos de mis trabajos han estado encaminados a disminuir el contenido de azufre o nitrógeno en combustibles fósiles, en procesos catalíticos que se emplean en las refinerías. De aquí que puedo comentar que la ingeniería química es una de las



áreas del conocimiento que tiene un papel central en la transición energética, y considero que debe orientarse hacia un enfoque integral que combine sostenibilidad, eficiencia y viabilidad industrial. No se trata únicamente de sustituir combustibles fósiles, sino de rediseñar los procesos desde su base, que sean más amigables con nuestro entorno pensando con conciencia que se hará con los materiales de tecnologías limpias una vez utilizados, que se hará con ellos o donde serán dispuestos, de aquí que:

1. Es fundamental impulsar el desarrollo de combustibles más limpios, como el hidrógeno y los biocombustibles avanzados, asegurando que su producción también sea sostenible. Esto implica optimizar rutas químicas, mejorar catalizadores y reducir la huella de carbono en todo el ciclo de vida.
2. Al mismo tiempo, la ingeniería química debe enfocarse en la electrificación de procesos y en la integración con energías renovables, lo que permitirá disminuir la dependencia de fuentes fósiles en la industria, y con esto avanzar en tecnologías de captura, uso y almacenamiento de carbono.
3. Otro aspecto importante es el diseño de procesos circulares, donde los residuos se conviertan

en materias primas de otros procesos, promoviendo una economía más eficiente y sostenible. Aquí, la valorización de desechos y el reciclaje químico juegan un papel relevante, además de que se actúa con responsabilidad social.

De tal forma que la transición energética no es un hecho aislado, sino un problema complejo que requiere soluciones innovadoras, escalables y con impacto real hacia la sociedad. Por tanto, considero que la ingeniería química debe continuar teniendo una visión sistémica y multidisciplinaria, integrando conocimientos de materiales, procesos, energía y medio ambiente.

**Como profesor de licenciatura y posgrado, ¿qué habilidades considera indispensables que desarrollen los nuevos ingenieros químicos para enfrentar los dilemas éticos y técnicos del siglo XXI?**

Es fundamental que en la formación de los ingenieros químicos se sigan contemplando bases sólidas en asignaturas como fenómenos de transporte, termodinámica y cinética química, pero es necesario también desarrollar en las y los estudiantes una visión crítica sobre el impacto de sus decisiones que pueden afectar a miles de personas y ecosistemas completos. Por eso, deben actuar con responsabilidad, transparencia y compromiso



social, ya que no se trata solo de lo que se puede hacer, sino de lo que se debe hacer para resolver diversas problemáticas que en la actualidad preocupan. Dentro de las habilidades que considero indispensables sería el pensamiento sistémico, que les permita entender cómo un proceso afecta al medio ambiente, a la economía y a la sociedad en conjunto. También es clave la capacidad de tomar decisiones éticas, considerando no solo la eficiencia o el costo, sino las consecuencias a largo plazo; la comunicación y liderazgo son también competencias esenciales, ya que en muchos casos deben poder explicar y transmitir sus ideas a personas de distintas disciplinas. En el ámbito técnico, es necesario pensar en competencias como el manejo de herramientas digitales, análisis de datos y modelación computacional, que es cada vez más importante. Además, deben estar familiarizados con tecnologías emergentes relacionadas con energías limpias, economía circular y procesos sostenibles. De manera general, los ingenieros químicos requerimos continuar preparándonos para aprender constantemente y adaptarnos, ya que nuestro entorno cambia de manera rápida, y los grandes retos como el cambio climático y la gestión de recursos requieren profesionales no solo competentes, sino también conscientes y comprometidos.

**Al ser Investigador Estatal Honorífico y miembro del SNII Nivel 1, ¿cómo percibe el papel del científico en la toma de decisiones institucionales y gubernamentales sobre ciencia y tecnología en el estado de Michoacán?**

El papel que desarrollamos los científicos es fundamental, ya que los investigadores deberíamos ser una fuente clave de información, proponer estrategias de solución a problemas actuales y diseñar políticas públicas basadas en evidencia, especialmente en temas como medio ambiente, energía, salud y desarrollo tecnológico, donde las decisiones tengan impactos a corto y largo plazo. En cuanto a la toma de decisiones institucionales y gubernamentales han ocurrido avances, pero aún hay una brecha importante que no se ha consolidado, en muchos casos, el conocimiento científico no se integra de manera sistemática en la toma de decisiones. Esto puede deberse a falta de comuni-



cación, tiempos políticos distintos a los tiempos de la investigación, o incluso a prioridades económicas inmediatas. Por lo que es importante fomentar espacios de diálogo permanente entre científicos, autoridades y sociedad que permita implementar estrategias y propuestas de solución conjunta a diversos problemas, por otro lado, los científicos debemos aprender a comunicar mejor nuestros resultados, de forma clara y accesible. En un estado como Michoacán, con gran riqueza natural pero también desafíos sociales y ambientales, la ciencia puede ser una herramienta estratégica para el desarrollo.

**Usted ha ocupado cargos de alta responsabilidad en la UMSNH, desde la dirección de su Facultad hasta la Coordinación de la Investigación Científica. Desde esta perspectiva, ¿cuáles considera que son los retos principales para fortalecer la investigación en nuestra universidad en los próximos años?**

Uno de los principales retos es asegurar un financiamiento sostenido y suficiente para la investigación. Sin recursos adecuados, es difícil mantener laboratorios actualizados, apoyar a estudiantes y desarrollar proyectos de impacto, sin embargo esto implica que no solo dependamos de fondos públicos, sino también diversificar las fuentes de financiamiento mediante colaboraciones con la in-

dustria y organismos nacionales e internacionales; así como generar planes de negocios, oferta de servicios de las diversas áreas del conocimiento y explotar las patentes que ha generado la UMSNH a través de varios grupos de investigación. Por otro lado, la formación de recursos humanos es clave, se requiere seguir fortaleciendo y actualizando los programas de licenciatura y posgrado para formar investigadores con una visión interdisciplinaria y con capacidades tanto técnicas como críticas. También es importante fomentar la movilidad académica y la colaboración con otras instituciones. En una visión global sería conveniente que las investigaciones no solo generen conocimiento, sino que lo traduzca en soluciones concretas con oportunidad para dar respuesta a los problemas regionales y nacionales. Si logramos articular talento, recursos e innovación, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo seguirá consolidándose como un referente en investigación con impacto social y excelencia académica.

**Desde su posición como Coordinador de la Investigación Científica y con una trayectoria tan**

**sólida en el SNII, ¿por qué considera que la divulgación científica es vital para que nuestra Universidad y para la sociedad michoacana se apropie del conocimiento generado en la UMSNH y qué papel juega esta comunicación en el fomento de nuevas vocaciones científicas?**

La divulgación científica que realizan las y los investigadores es fundamental porque se comparte el conocimiento que se genera dentro de los laboratorios y aulas de la universidad con la sociedad. Si la investigación se queda solo en artículos especializados, su impacto es limitado ya que no toda la población consulta dichos documentos, en cambio, cuando se comunica de forma clara y accesible, permite que la sociedad comprenda, valore y utilice ese conocimiento. En nuestro estado, la divulgación puede tener un impacto muy directo con la sociedad, que puede ayudar a que temas como el cuidado del medio ambiente, la salud o el desarrollo tecnológico sean comprendidos por la población, lo que favorece una toma de decisiones más informada tanto a nivel individual como colectivo, dentro de esta divulgación uno de los grandes eventos que realiza nuestra universidad es el "tianguis de la ciencia" en la cual se difunde y se comparte el quehacer universitario de todas las áreas de conocimiento.

«De tal forma que, la divulgación de la ciencia despierta la curiosidad, especialmente en niñas, niños y jóvenes que quizá no han tenido contacto cercano con la ciencia y cuando ven que las investigaciones pueden tener aplicaciones reales, y que puede transformar su entorno, es más probable que se interesen en seguir una carrera profesional, Así, es que puede ser una herramienta ya que no solo informa, sino que inspira, así como contribuye a formar una cultura científica, donde los asistentes cuestionan, analizan y buscan evidencias; y durante ese proceso, surgen nuevas vocaciones que seguirán fortaleciendo a la propia universidad»



# ARTÍCULO

## Retos para implementar la educación en derechos humanos en México

Pedro Alberto Carreón-Ramos



<https://pixabay.com/es/illustrations/zona-de-guerra-8569995/>

**Pedro Alberto Carreón-Ramos.** División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.  
[0721964d@umich.mx](mailto:0721964d@umich.mx)

### Resumen

Actualmente, la implementación de la educación en derechos humanos en México representa un desafío por diversas razones relacionadas con el contexto social, cultural y político. La confusión en torno a los conceptos vinculados con la educación en derechos humanos dificulta su comprensión y eventual materialización, así como la ausencia de mecanismos legales que favorezcan su garantía.

**Palabras clave:** Cultura de la legalidad, derechos humanos, educación.

RECIBIDO: 16/07/2025; ACEPTADO: 15/12/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

**M**aterializar la **educación en derechos humanos** en México constituye uno de los mayores **desafíos del país**; sin embargo, se trata de una **tarea compleja en la que confluyen diversos factores**. En principio, es fundamental reconocer que existen varios términos y orientaciones con los que suele aludirse a la educación en derechos humanos, como la educación cívica, la educación ciudadana, la educación para la democracia, la educación para la tolerancia y la educación para la paz, entre otras.

Existe una tendencia a confundir los conceptos mencionados, sin considerar que cada uno de ellos se vincula con una postura política, ideológica o pedagógica específica. Esta confusión dificulta la construcción de acuerdos o consensos orientados a materializar la educación en derechos humanos en México. Por lo tanto, si desde el inicio existe dificultad para definirla, su implementación por medio de la educación se convierte en un desafío aún mayor.

La educación en **derechos humanos en México** se encuentra, en gran medida, **desvincula-**

**da de la realidad de las personas y de su contexto social**. Asimismo, la ciudadanía no siempre cuenta con las herramientas necesarias para exigir el cumplimiento de sus prerrogativas. A ello se suma el escaso reconocimiento de la diversidad, la multiculturalidad y la perspectiva de género en distintos ámbitos de la vida social.

En este sentido, resulta **fundamental clarificar los conceptos** y vincular la educación con otras instituciones del país **para promover una atención integral a la población** en materia de derechos humanos. Sin embargo, ni siquiera dentro del sistema educativo existe una propuesta integral que incida de manera efectiva en el trabajo institucional y docente.

Además, al momento de elaborar propuestas o diseñar estrategias, con frecuencia **no se considera la participación del personal docente, los sindicatos, la comunidad escolar y la sociedad civil**. En muchos casos, estas decisiones se concentran únicamente en la oficina de asesores de la Secretaría de Educación Pública.



Imagen creada por IA. Gemini.google.com



<https://pixabay.com/es/illustrations/las-manos-humanos-pu%3%b10s-8512416/>

Desde 1960 hasta la actualidad, la **educación en derechos humanos** se ha abordado principalmente como una **parte de la asignatura de formación cívica y ética**, sin recibir la relevancia ni el desarrollo necesarios para cumplir con los estándares internacionales. Los contenidos relacionados con este tema **se presentan de manera parcial** y, en muchos casos, **no proporcionan las herramientas básicas para garantizar el ejercicio efectivo** de los derechos; por ello, su enseñanza no ha logrado generalizarse en el sistema educativo.

Por otra parte, tampoco se ha prestado suficiente atención a que los **perfiles del profesorado** encargado de impartir formación cívica y ética sean los más adecuados para desarrollar esta temática. Los procesos de selección suelen ser flexibles y, además, existe un **número reducido de egresados con una especialización** específica en la materia.

Otro factor que influye en el desafío de materializar la educación en derechos humanos en México es la **falta de una cultura de la legalidad**. Esta se entiende como la **interiorización del conjunto de normas jurídicas que generan confianza en las instituciones encargadas de garantizar su cumplimiento**. Asimismo, implica la creencia compartida de que cada persona es responsable de contribuir a la construcción de una sociedad democrática mediante su participación activa en la vida social y política.

De acuerdo con el Índice de Cultura de la Legalidad en México, publicado por la asociación civil México Unido Contra la Delincuencia (MUCD), **la calificación nacional es de 5.5 en una escala de 0 a 10**. Este indicador considera la valoración que las personas otorgan al conocimiento y cumplimiento de las leyes para lograr una mejor convivencia social, así como su percepción respecto a otras personas y su disposición a poner en práctica el respeto a la ley.

Del índice mencionado se desprende que, aunque las personas manifiestan aprecio por la cultura de la legalidad, consideran que los demás no cumplen con las leyes. Esta percepción suele utilizarse como justificación para el propio incumplimiento, bajo la idea de que no tiene sentido respetar la ley si otras personas no lo hacen.

Ante esta situación, resulta fundamental incorporar la educación en derechos humanos en México, con el fin de **formar sujetos de derecho capaces de participar activamente en el fortalecimiento de la democracia**. Asimismo, a partir del mismo estudio realizado por MUCD, en febrero de 2015 se elaboró el Índice de Disposición hacia una Cultura de la Legalidad, el cual muestra el grado de resistencia al cambio por parte de la población. De acuerdo con este indicador, **las personas con estudios universitarios y de posgrado son quienes presentan mayor resistencia**.

Por otro lado, según la Encuesta Nacional sobre Cultura Política y Prácticas Ciudadanas (2012), **cuatro de cada diez ciudadanos consideran que en el futuro tendrán menos posibilidades de influir en las decisiones de gobierno.** Parte de estos resultados puede atribuirse a la debilidad de la cultura de la legalidad, lo cual se relaciona con la limitada participación activa de la ciudadanía. Cuando la participación ciudadana es escasa, las posibilidades de incidir en las decisiones gubernamentales también se reducen. En este sentido, **para participar activamente en la vida pública, es fundamental que las personas conozcan y comprendan sus derechos humanos.**

Asimismo, la Segunda Encuesta de Cultura Constitucional (2011) muestra que **las redes sociales han contribuido a desalentar la participación de la ciudadanía en la vida política,** además de propiciar divisiones dentro de la sociedad y favorecer la constante manipulación de la opinión pública. En este contexto, la formación de sujetos de derecho, con capacidad para cuestionar y ejercer una crítica constructiva, se presenta como una alternativa para contrarrestar la desinformación y

promover una ciudadanía con mayor apertura de criterio.

México Unido Contra la Delincuencia (2016) identifica **cuatro pilares de la cultura de la legalidad:** el interés por **conocer las leyes básicas,** la **voluntad de respetarlas,** el **rechazo a la corrupción** y la **relación de las personas con las dependencias** encargadas de la procuración de justicia. Los estudios de esta organización de la sociedad civil muestran que existe poco interés por conocer las leyes, escasa disposición para respetarlas, un bajo rechazo a la corrupción y una relación casi nula entre la ciudadanía y las instituciones de procuración de justicia.

A partir de este panorama, se advierte que **México transita por un estado de ilegalidad,** lo cual se traduce en la persistencia del fenómeno de la corrupción. Tanto desde la sociedad como desde el ejercicio de cargos públicos se cometen actos u omisiones de carácter ilícito para satisfacer intereses personales, aun cuando estos contravengan los intereses del Estado o de la propia sociedad.

La **corrupción y la impunidad son fenómenos estrechamente relacionados.** En materia



Imagen creada por IA. Gemini.google.com



<https://pixabay.com/es/photos/polic%3%ada-colombia-protesta-marcha-4694175/>

de derechos humanos, la **impunidad** se entiende como la **ausencia de sanciones** o la existencia de disposiciones legales que favorecen el incumplimiento de las penas impuestas. Cuando los actos de corrupción no son sancionados, se propicia un contexto de impunidad.

En consecuencia, la sociedad se deteriora y el Estado de derecho se ve vulnerado por el constante incumplimiento de las leyes. De acuerdo con el **Índice de Percepción de la Corrupción (2022)**, elaborado anualmente por la organización Transparencia Internacional, **México** obtuvo una puntuación de **31 sobre 100** (donde 0 representa la peor calificación y 100 la más alta), **ubicándose en la posición 126 de 180 países.**

La corrupción debilita la construcción de un Estado democrático de derecho y constituye una práctica que aleja cada vez más el goce y el ejercicio pleno de las prerrogativas inherentes a la persona. Este panorama pone en evidencia tanto la **insuficiente educación en derechos humanos en el país** como el desafío que representa su inclusión efectiva en los planes de estudio.

Por otro lado, el **Índice Global de Impunidad en México (2022)**, elaborado por el Instituto de In-

formación Estadística y Geográfica con base en datos proporcionados por la Universidad de las Américas Puebla, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía y las comisiones nacionales y estatales de derechos humanos, **reportó para México una puntuación de 60.08 en una escala en la que 100 representa la calificación más crítica.** Este nivel de impunidad constituye un elemento adicional que pone en evidencia la insuficiente educación en derechos humanos en el país.

Si en México la corrupción y la impunidad se presentan de manera constante, puede afirmarse que el país enfrenta un contexto de debilitamiento de la legalidad. Ante esta situación, resulta **urgente construir una cultura de derechos humanos que contribuya a revertir esta condición,** así como incorporar de manera efectiva la educación en derechos humanos en las escuelas. Este tipo de educación permitiría formar sujetos de derecho capaces de analizar críticamente el contexto social, institucional y gubernamental, y de **proponer nuevas estrategias para garantizar los derechos humanos de todas las personas.**

A la luz de las estadísticas expuestas, **las universidades en México también enfrentan el de-**

safío de contrarrestar el pesimismo respecto al futuro de la sociedad. Asimismo, es importante contribuir a superar las herencias autoritarias derivadas de los distintos periodos de gobierno que han marcado la vida política del país.

En las instituciones públicas, privadas y en los espacios donde se trabaja en temas de derechos humanos, **es necesario colaborar con profesionales de diversas disciplinas**, lo que en ocasiones dificulta la interacción debido a la diversidad de enfoques y conocimientos. En este sentido, la educación en derechos humanos debe asumir un carácter interdisciplinario. Resulta fundamental que, desde las universidades, se construya un lenguaje común en torno a esta materia y se promueva el trabajo conjunto entre profesionales de distintas áreas. No obstante, las instituciones dedicadas a la formación especializada en derechos humanos aún son escasas.

Para que México sea un país más igualitario y se garantice efectivamente el derecho a la educa-

ción, es fundamental que las personas reconozcan y acepten la complejidad de su diversidad, así como impulsar la educación en derechos humanos. Esta responsabilidad corresponde principalmente al Estado; sin embargo, su cumplimiento ha sido limitado y la legislación mexicana no establece sanciones claras por su incumplimiento.

En conclusión, aunque la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que la educación en el país debe impartirse con un enfoque de derechos humanos, en la práctica esto aún no se refleja plenamente en el sistema educativo formal y permanece, en gran medida, como un principio discursivo. A partir de los factores mencionados, el panorama para materializar la educación en derechos humanos en México es complejo, aunque no imposible.



Beltrán-Gaos M. (2007). La importancia de la educación en derechos humanos: especial referencia a América Latina. *Dehuidela: Revista de Derechos Humanos*, 37-48. <http://biblioteca.corteidh.or.cr/tablas/r24457.pdf>

Correa-Ortiz J.A. (2016). *Cultura de la legalidad y derechos humanos*. Comisión Nacional de los Derechos Humanos, Ciudad de México. 44 p. [http://appweb.cndh.org.mx/biblioteca/archivos/pdfs/fas-CTDH-Legalidad-DH\\_1.pdf](http://appweb.cndh.org.mx/biblioteca/archivos/pdfs/fas-CTDH-Legalidad-DH_1.pdf)

Ramírez G. (2005). Avances y retos de la educación en derechos humanos en el siglo XXI. De América Latina a México. *Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM*. <http://ru.juridicas.unam.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/28210/avances-y-retos-de-la-educacion-en-derechos-humanos-en-el-siglo-xxi-de-america-latina-a-mexico.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

## ARTÍCULO

## Odontofobia: ¡Terror en el sillón dental!

Gabriela López-Torres y Roxana Farfán-Núñez



<https://pixabay.com/es/photos/dentista-instrumentos-cl%c3%adnica-5428007/>

**Gabriela López-Torres.** Profesora e investigadora, Facultad de Odontología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[gabriela.lopez.torres@umich.mx](mailto:gabriela.lopez.torres@umich.mx)

**Roxana Farfán-Núñez.** Técnico Académico, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[roxana.farfan@umich.mx](mailto:roxana.farfan@umich.mx)

**Resumen**

El miedo al consultorio dental, conocido como odontofobia, es un desafío que puede afectar de manera negativa la salud bucal y general. Por ello, es fundamental que los pacientes comprendan sus causas y conozcan las estrategias eficaces para superarlo. Entre las alternativas disponibles se encuentran la comunicación abierta entre paciente y profesional, las técnicas de relajación, la sedación, la terapia cognitivo-conductual y los avances tecnológicos que hacen los procedimientos más cómodos y menos invasivos. Asimismo, la actitud del odontólogo desempeña un papel fundamental, ya que la empatía y la capacidad de tranquilizar al paciente contribuyen a generar un ambiente de confianza. Superar este miedo no solo favorece el cuidado de la salud dental, sino que también puede mejorar la autoestima y la calidad de vida del paciente.

**Palabras clave:** Ansiedad dental, miedo al dentista, odontofobia.

RECIBIDO: 16/07/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

## Odontofobia, el miedo al dentista

**E**n términos generales, se recomienda realizar revisiones odontológicas dos veces al año (cada seis meses); sin embargo, muy pocas personas siguen esta recomendación. Las razones son diversas, pero sin duda una de las más comunes es el miedo que representa ponerse en manos de los, para muchos, temidos odontólogos.

El **miedo al dentista**, conocido también como **odontofobia**, es una condición frecuente que afecta a muchas personas en todo el mundo. Esta fobia lleva a que **los pacientes pospongan sus visitas al odontólogo** de manera recurrente e, incluso, puede convertirse en un círculo vicioso que eventualmente **conduce al deterioro de la salud bucal y general**.

La odontofobia **se manifiesta como la ansiedad y el miedo** que experimenta una persona **al pensar anticipadamente en los procedimientos dentales**. Este padecimiento se caracteriza por una sensación de temor intenso y persistente que puede llevar a la postergación de tratamientos

necesarios. Se estima que alrededor del **15 % de la población evita acudir al odontólogo** debido a la ansiedad o al miedo.

### Causas de la odontofobia

Las causas suelen ser diversas y pueden incluir elementos psicológicos, sociales y personales.

- Las **experiencias negativas previas** constituyen una de las razones más frecuentes que provocan el miedo al odontólogo. Entre ellas se encuentran, por ejemplo, haber vivido un tratamiento doloroso, percibir apatía o poca sensibilidad por parte del dentista hacia el paciente, o haber tenido una visita poco agradable al odontólogo durante la niñez.
- El **miedo al dolor** es una de las principales razones por las que muchas personas evitan acudir al dentista. Aún persiste la idea de que los procedimientos odontológicos son dolorosos o incluso torturantes, a pesar de los avances en las técnicas modernas de anestesia, que han permitido reducir significativamente el dolor durante los tratamientos.
- La sensación de **no tener control sobre una situación** puede resultar profundamente angustiante. Permanecer inmóvil, con la boca abierta y durante un periodo prolongado, puede generar sentimientos de inseguridad y pérdida de control, lo que a su vez incrementa el miedo y la ansiedad en el paciente.
  - Las personas que presentan **trastornos psicológicos, como la ansiedad**, o que padecen **claustrofobia** suelen ser más vulnerables a experimentar miedo al acudir a la consulta dental. Para muchas de ellas, el hecho de permanecer reclinadas e inmóviles en un sillón dental resulta una experiencia desagradable y puede convertirse en una situación particularmente inquietante.

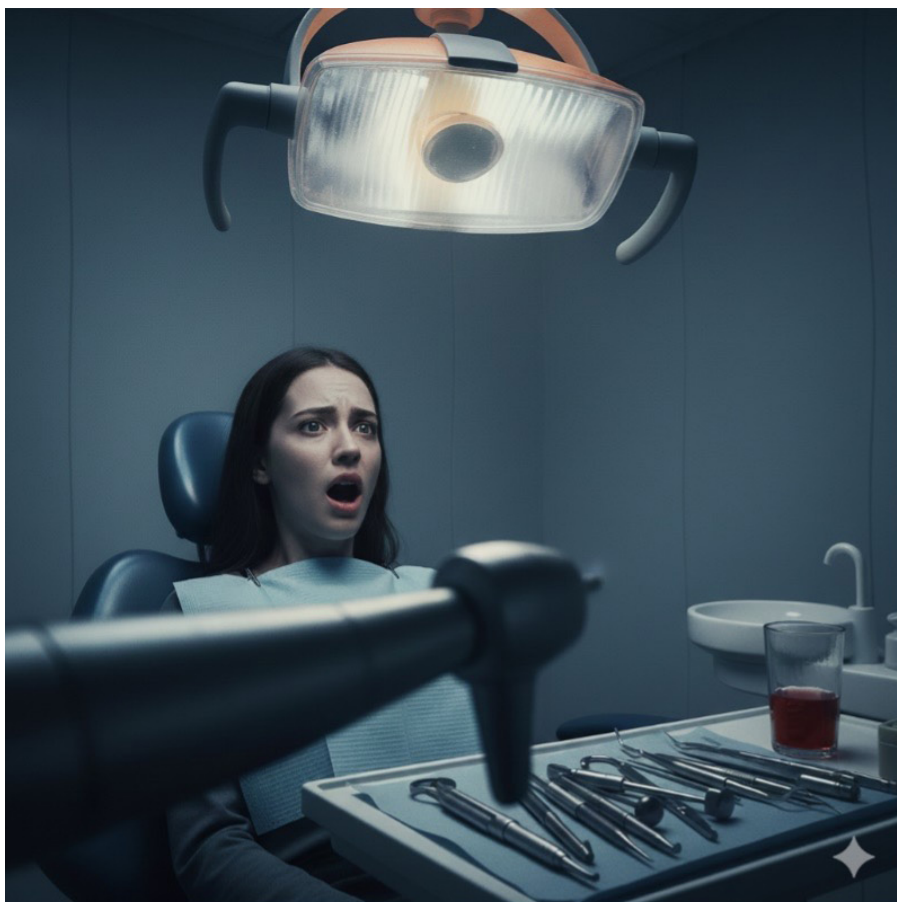


Imagen creada por IA. Gemini.google.com



<https://pixabay.com/es/illustrations/ai-generado-diente-dental-miniatura-9431606/>

El constante **bombardeo de anécdotas negativas** sobre las visitas al odontólogo, difundidas entre amistades, familiares o incluso por medio de las redes sociales, puede influir de manera significativa en la aparición de la odontofobia. A ello se suma la mala reputación que, en algunos casos, tienen los dentistas ante ciertos sectores de la sociedad, lo que contribuye a reforzar este temor.

#### Consecuencias del miedo al odontólogo

El hecho de que **las personas no acudan a las visitas de rutina** con el odontólogo puede tener **consecuencias negativas para su salud**. Entre ellas se encuentra la postergación de las consultas debido a la odontofobia, lo que puede provocar que un problema dental mínimo se convierta en una situación más compleja que requiera **procedimientos más costosos y agresivos**.

Asimismo, el descuido de la salud bucal puede favorecer la aparición de caries, enfermedades de las encías y afecciones de los tejidos que sostienen los dientes, lo que eventualmente puede **conducir a su pérdida**. Estos padecimientos no solo afectan la salud bucal, sino que también pueden tener

repercusiones en el organismo, como **alteraciones estomacales o incluso enfermedades cardíacas**.

El componente psicológico, que se manifiesta a través del estrés y la ansiedad ocasionados por el miedo, también **puede afectar la calidad de vida de las personas**. En los casos más graves de odontofobia, se genera un círculo vicioso entre el miedo y el aplazamiento de las consultas odontológicas, lo que agrava aún más los problemas de salud bucal y sistémica.

Igualmente, **la autoestima puede verse afectada** cuando la salud dental es deficiente, ya que esto influye directamente en la confianza personal, en las relaciones interpersonales e incluso en el ámbito laboral. Entre las dificultades que pueden presentarse al momento de socializar se encuentran el **mal aliento** (halitosis), los **dientes desalineados** o con **alteraciones en su coloración**, e incluso problemas al hablar.

#### Recomendaciones para vencer el miedo al dentista

Para superar la odontofobia y acudir al consultorio dental, se requieren estrategias que

involucren tanto al paciente como al odontólogo. En primer lugar, **es fundamental que el paciente conozca los procedimientos dentales que se van a realizar** y que exista una comunicación directa y asertiva entre el dentista y el paciente. Esta interacción contribuye de manera importante a disminuir el estrés.

Explicar de forma detallada cada fase del procedimiento y **brindar al paciente la posibilidad de expresar sus inquietudes y dudas** genera una mayor sensación de seguridad y control. Asimismo, la **práctica de técnicas de relajación**, como la meditación o la respiración profunda, puede ayudar a reducir la ansiedad. De igual manera, **escuchar música relajante antes y durante la intervención odontológica**, o incluso utilizar herramientas tecnológicas como dispositivos de realidad virtual, puede favorecer una experiencia más tranquila durante el tratamiento.

En caso de que el paciente no logre controlar la fobia al dentista mediante los métodos mencionados, existe la alternativa de la **sedación**

**consciente**. En este procedimiento se administran medicamentos que inducen un estado de relajación, lo que permite realizar los tratamientos odontológicos con mayor comodidad, tanto para el dentista como para el paciente. En **situaciones más complejas**, puede recurrirse a la **anestesia general**. Ambas técnicas son de uso común y, bajo estas condiciones, los pacientes pueden someterse a distintos procedimientos dentales sin experimentar malestar significativo.

La **Terapia Cognitivo-Conductual (TCC)** es una alternativa psicoterapéutica que ayuda a los pacientes a **modificar los patrones negativos de pensamiento y las conductas asociadas con el miedo**. Esta opción puede resultar especialmente útil para controlar la odontofobia, ya que enseña estrategias de afrontamiento y técnicas de reestructuración cognitiva.

Otra estrategia consiste en el **enfoque gradual**, en el que el paciente comienza con **visitas no invasivas y tratamientos básicos** —limpiezas o aplicaciones de fluoruro—, lo que permite que la



<https://pixabay.com/es/photos/cepillar-los-dientes-diente-2103219/>

persona se **familiarice con el entorno dental** y desarrolle confianza en su odontólogo. Este método, también conocido como desensibilización sistemática, ha demostrado ser eficaz para disminuir la ansiedad de manera progresiva.

De igual forma, el **apoyo de la familia y los amigos** puede ser de gran ayuda para las personas que experimentan miedo al odontólogo. En muchos casos, el acompañamiento durante las consultas **contribuye a que el paciente se sienta más tranquilo**, animado y respaldado.

Las **innovaciones y avances tecnológicos en la odontología**, como el uso de láseres dentales y el desarrollo de técnicas conservadoras y poco invasivas, **pueden reducir significativamente el dolor y las molestias durante los tratamientos**. Estos avances contribuyen a que las consultas dentales sean menos desagradables y más rápidas, lo que ayuda a disminuir el estrés y la an-

siedad de los pacientes, además de favorecer mejores resultados clínicos.

Finalmente, todo el **personal que labora en el consultorio dental** —tanto el responsable como sus colaboradores— debe mantenerse en **capacitación constante** con respecto al manejo del estrés y la ansiedad de los pacientes. El propósito es que estos se sientan comprendidos y en un ambiente de confianza. Para ello, **es fundamental mostrar empatía y tolerancia**, así como emplear las herramientas necesarias para tranquilizar al paciente en cualquier momento, generando un entorno relajado y confortable.



DVD Dental. (2021). Miedo al dentista, ¿cómo tranquilizar a tus pacientes? *Odontomecum. Blog para los profesionales de la odontología*. <https://odontomecum.dvd-dental.com/miedo-dentista-como-tranquilizar-a-pacientes-con-miedo-al-dentista/>

Menchaca J. (s.f.). Miedo, estrés y odontofobia. *Odontología Actual*. <https://www.odontologiaactual.com/>

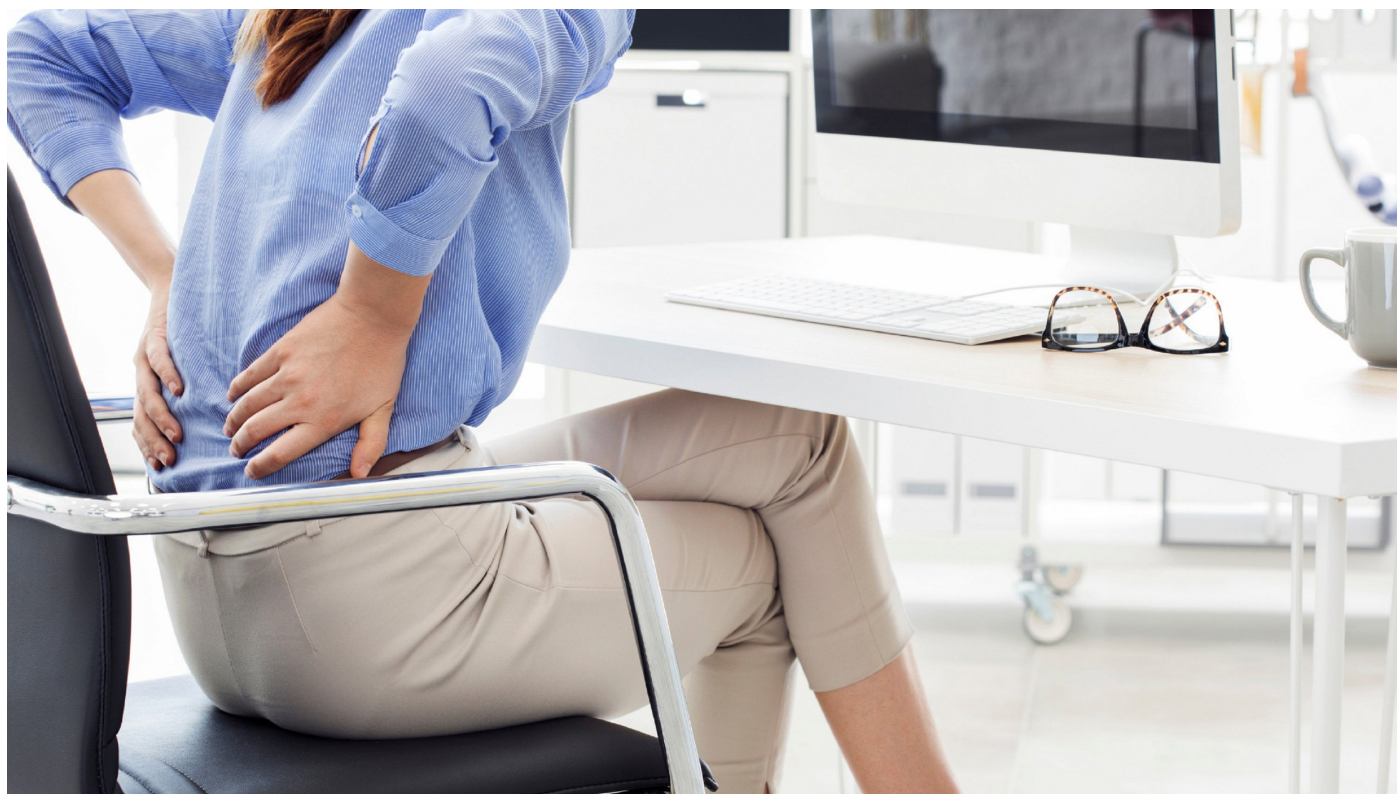
[blog\\_odontologia\\_actual/miedo-estres-y-odontofobia/](https://www.odontologiaactual.com/blog_odontologia_actual/miedo-estres-y-odontofobia/)

Santos-Viñas M. (2023). Odontofobia: por qué nos da miedo ir al dentista y cómo superarlo. *Infobae*. <https://www.infobae.com/espana/2023/09/25/odontofobia-por-que-nos-da-miedo-ir-al-dentista-y-como-superarlo/>

# ARTÍCULO

## Para cualquier dolor corporal, un «AINE» te espera

Jonathan Saúl Piñón-Simental y Patricia Ríos-Chávez



<https://pixabay.com/es/photos/dolor-de-espalda-dolor-corporal-6949392/>

**Jonathan Saúl Piñón-Simental.** Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias de la Salud y Farmacéuticas, Área Temática Compuestos Bioactivos Terapéuticos, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [jonathan.saul.simental@umich.mx](mailto:jonathan.saul.simental@umich.mx)

**Patricia Ríos-Chávez.** Profesora e investigadora de la Facultad de Biología, Laboratorio de Fitobioquímica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. [patricia.rios@umich.mx](mailto:patricia.rios@umich.mx)

### Resumen

La adquisición de muchos medicamentos requiere una receta médica con el fin de garantizar su uso seguro. Sin embargo, algunos se venden sin prescripción, entre ellos los conocidos antiinflamatorios no esteroideos (AINE), caracterizados principalmente por sus propiedades analgésicas, antiinflamatorias y antifebriles. Entre los más utilizados se encuentran el ácido acetilsalicílico, el diclofenaco, el ibuprofeno, el naproxeno, el etoricoxib y el celecoxib. En este artículo se aborda el origen y el uso de los AINEs, así como su importancia en la medicina, su mecanismo de acción y los posibles efectos adversos que pueden presentarse cuando se consumen de manera inadecuada o sin supervisión médica.

**Palabras clave:** Antiinflamatorios no esteroideos, aspirina, úlceras gástricas.

RECIBIDO: 8/10/2024; ACEPTADO: 18/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

## Origen de los AINEs

**A** lo largo de la historia de la humanidad ha existido la **necesidad de obtener beneficios a partir del uso de la materia y de los recursos naturales que nos rodean**. Estos recursos se han aprovechado en distintos ámbitos de la vida cotidiana, los cuales han evolucionado hasta nuestros días. En un inicio, su utilización estaba **orientada a satisfacer necesidades básicas**, como la obtención de alimentos mediante la caza, la construcción de viviendas y la búsqueda de formas para tratar enfermedades o heridas derivadas de alguna actividad.

Este importante avance en la vida humana fue **resultado del aprendizaje basado en la observación y en el planteamiento de preguntas** que permitieron desarrollar conocimientos y habilidades, particularmente en el ámbito de la medicina. Gracias a ello, se logró avanzar en el **desarrollo de distintos medicamentos** destinados al tratamiento de diversas patologías y enfermedades, tanto agudas—que suelen tener una duración breve y una recuperación más rápida— como crónico-degenerativas, que se desarrollan de manera progresiva y pueden acompañar a la persona durante largos periodos de su vida.

Gran parte de estos avances **tiene su origen en la herbolaria**, entendida como «el uso de las

plantas y sus componentes (hojas, raíces, flores, frutos, semillas) para tratar diversas afecciones o enfermedades del cuerpo humano». Este **conocimiento empírico-científico**—que se transmite de generación en generación— continúa siendo fundamental para un gran número de personas en todo el mundo, permitiendo que se conozcan y utilicen **remedios caseros para aliviar diversas dolencias o padecimientos**.

Al igual que muchos fármacos, **los AINEs tienen su origen en conocimientos antiguos**. Hace aproximadamente 3500 años, Hipócrates utilizaba la corteza del sauce para aliviar la fiebre y la inflamación. Años más tarde, un grupo de investigadores logró extraer de la corteza del sauce blanco (*Salix alba*) una sustancia química llamada «**salicina**», la cual presentaba estos **efectos benéficos en el cuerpo humano**, aunque también producía efectos secundarios negativos.

A partir de esta sustancia, **en 1859 se sintetizó químicamente el ácido salicílico**, un compuesto con un sabor amargo intenso y con efectos adversos para el estómago. Posteriormente, **entre 1896 y 1899, se obtuvo el ácido acetilsalicílico**, que fue patentado como Aspirina® por la compañía farmacéutica Bayer®. Este compuesto pertenece al grupo de los AINEs y posee diversas propiedades terapéuticas, como el alivio del dolor, la reducción de la inflamación y la disminución de la fiebre. Asimismo, actualmente se sabe que la Aspirina® puede tener efectos benéficos en la **prevención de ciertos problemas cardiovasculares**.

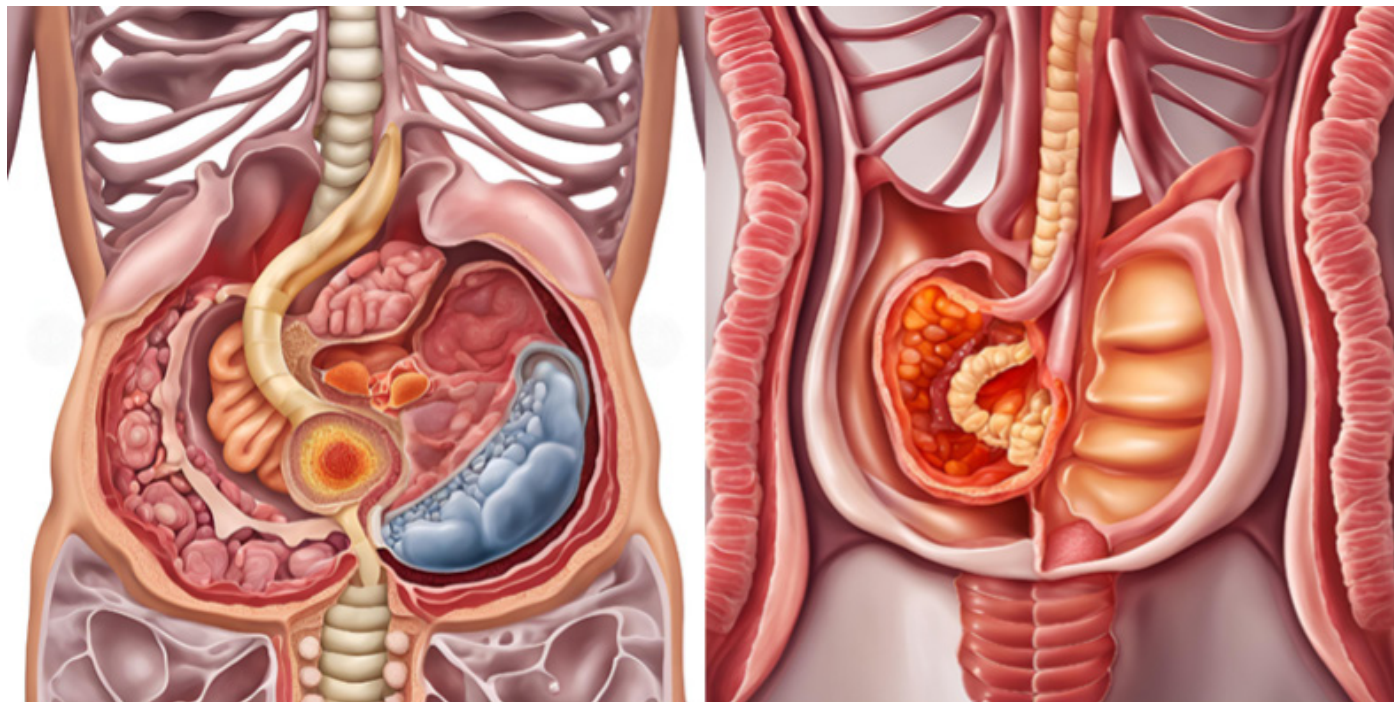
## Los AINEs en la revolución de la medicina del siglo XX

Con el paso de los años, la familia de los AINEs se fue ampliando a medida que se identificaban nuevas sustancias con efectos terapéuticos similares. Entre los primeros fármacos de este grupo se encuentran el **ácido acetilsalicílico**, la **indometacina** y el **ibuprofeno**; posteriormente, se incorporaron otros: el **naproxeno** y el **diclofenaco**.

En 1976, el investigador y científico británico John Robert Vane logró expli-



Innovación de los AINEs en el desarrollo de fármacos con alto potencial en el manejo de enfermedades agudas y crónicas. Imagen realizada por IA en Canva (J. S. Piñón-Simental).



Daños que se inducen por el uso excesivo e inadecuado de los AINEs. Imagen realizada por IA en Canva (Autor J.S. Piñón-Simental).

car el mecanismo de acción del ácido acetilsalicílico, descubrimiento que le valió el Premio Nobel de Medicina en 1982. Este científico demostró que dicho compuesto tiene la **capacidad de inhibir una enzima clave en el proceso inflamatorio** conocida como «ciclooxigenasa o prostaglandina sintetasa», responsable de la producción de **sustancias que regulan la respuesta al dolor, la inflamación y la fiebre** generadas ante un daño o la presencia de agentes externos que alteran el funcionamiento normal del organismo.

Gracias a este conocimiento, **los AINEs revolucionaron la forma de tratar diversas afecciones** caracterizadas por dolor, inflamación y fiebre, como golpes o **traumatismos** musculoesqueléticos, **infecciones** bacterianas o virales, **enfermedades autoinmunes** y padecimientos inflamatorios crónicos, como la artritis reumatoide y la osteoartritis.

Todo ello ha permitido que los AINEs ocupen un lugar fundamental como el primer escalón de la **escala analgésica de la Organización Mundial de la Salud (OMS)**, y que varios de estos medicamentos formen parte esencial de los botiquines de **atención médica primaria y de los sistemas de salud**. Asimismo, durante la pandemia de COVID-19, los AINE se emplearon de manera frecuente como parte del tratamiento inicial para aliviar algunos de los síntomas asociados a esta enfermedad, que

marcó profundamente la vida en el siglo XXI.

#### Uso de los AINEs a nivel mundial

Como se mencionó, **muchos AINE pueden adquirirse sin receta médica**, lo que facilita su compra y uso. A nivel mundial, se estima que cerca de 30 millones de personas consumen diariamente algún integrante de este grupo de fármacos. Asimismo, aproximadamente **entre el 5 % y el 10 % de las prescripciones médicas incluyen tratamientos con AINE**, debido a las propiedades terapéuticas antes mencionadas.

Diversos estudios también han analizado los patrones de uso de estos medicamentos en distintos países. Por ejemplo, en España el empleo de los AINEs se ha reportado en el siguiente porcentaje de consumo: ibuprofeno (20.4 %), aspirina (11 %), diclofenaco (6.4 %) y naproxeno (1.4 %). Estos datos sugieren que un comportamiento similar podría observarse en otros países, como México, Estados Unidos y algunas naciones de Europa.

#### Efectos adversos de los AINEs

Como ocurre con cualquier medicamento, el uso inadecuado o prolongado, especialmente sin supervisión médica, **puede provocar efectos adversos en el organismo**. Debido al efecto de los AINEs sobre las enzimas «ciclooxigenasas», estos fármacos pueden favorecer la **aparición de**

**lesiones en el estómago y en el intestino delgado.** Dichas lesiones se caracterizan por el daño a la mucosa del tracto gastrointestinal, lo que puede ocasionar hemorragias internas y necrosis de los tejidos. En casos más graves, pueden desarrollarse úlceras pépticas que pueden perforarse y **poner en riesgo la vida del paciente.**

Por otro lado, diversos estudios han demostrado que el uso inadecuado de los AINEs puede causar daños no solo en el tracto gastrointestinal, sino también en el hígado y en los riñones. La afectación de estos órganos puede desencadenar múltiples problemas de salud y comprometer de manera importante la calidad de vida.

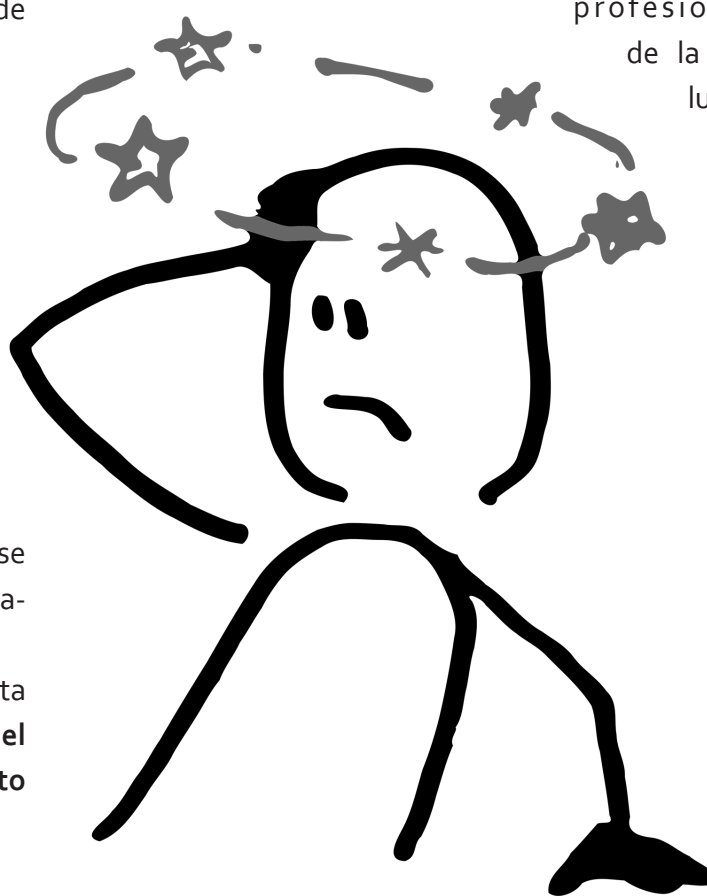
El **hígado** —órgano detoxificante por excelencia— **desempeña un papel fundamental en el metabolismo** de los nutrientes que obtenemos de los alimentos y en la transformación de los medicamentos que utilizamos para tratar distintas enfermedades. En este órgano, muchos compuestos se procesan para que posteriormente puedan eliminarse del organismo por diferentes vías, **evitando que se acumulen en nuestro cuerpo.** En este proceso también participan **los riñones**, órganos «purificadores» esenciales **encargados de filtrar la sangre y de eliminar, por medio de la orina, las sustancias que el cuerpo ya no necesita.** De esta manera, los productos tóxicos provenientes del hígado se desechan y se mantiene un adecuado funcionamiento del organismo.

A partir de lo anterior, surge una pregunta importante: **¿qué podría ocurrir en el cuerpo si el hígado y los riñones pierden su funcionamiento**

**adecuado?** La respuesta es preocupante, ya que la alteración de estos órganos puede desencadenar diversos problemas que afectan de manera significativa el estado de salud y, en consecuencia, comprometen la calidad de vida de las personas.

Conocer esta información permite tomar decisiones más informadas al momento de utilizar medicamentos. Por ello, es **fundamental seguir siempre las indicaciones médicas al tratar cualquier enfermedad.** El uso excesivo o incorrecto de los AINEs puede provocar daños en el tracto gastrointestinal, el hígado y los riñones, entre otros órganos. Ante cualquier dolor o malestar, estos fármacos pueden ser una opción terapéutica; sin embargo, es indispensable utilizarlos de forma responsable y bajo la orientación de un

profesional de la salud.



Batlouni M. (2010). Antiinflamatorios no esteroideos: Efectos cardiovasculares, cerebrovasculares y renales. *Archivos Brasileños de Cardiología*, 94(4), 556-563. <https://www.scielo.br/jj/abc/a/tF6ntrTMgpyt8rgTmvtg-fmc/?format=pdf&lang=es>

Oscanoa-Espinoza T. J. (2015). Seguridad de los antiinflamatorios no esteroideos. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 53(2), 172-179. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457744936012>

Ramos dos Santos I., Mezomo M., Leite-Santos L.G., Moura Alves G.S., Reis-Moretto G., Gonçalves-Shibata J.G. y Ferreira-Agüero P.M.A. (2022). Uso indiscriminado de antiinflamatorios no esteroideos y sus relaciones con enfermedades gastrointestinales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 1789-1802. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.3637](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3637)

# ARTÍCULO

## Microbiota intestinal y anorexia: ¿una conexión inesperada?

Edson Everardo Maqueda-Cabrera y Misael Horacio Silva-Juárez



<https://pixabay.com/es/photos/gente-mujer-espejo-cuarto-de-ba%c3%b1o-2585847/>

**Edson Everardo Maqueda-Cabrera.** Estudiante del posgrado en Ciencias (Biología), Universidad de Guanajuato. Guanajuato, Gto.  
[ee.maquedacabrera@ugto.mx](mailto:ee.maquedacabrera@ugto.mx)

**Misael Horacio Silva Juárez.** Estudiante del posgrado en Ciencias (Biología), Universidad de Guanajuato. Guanajuato, Gto.  
[mh.silvajarez@ugto.mx](mailto:mh.silvajarez@ugto.mx)

### Resumen

Desde el punto de vista nutricional, la anorexia es un trastorno de la conducta alimentaria caracterizado por bajo peso y complicaciones físicas y psicológicas. En años recientes se ha estudiado la microbiota intestinal en pacientes con este padecimiento, encontrándose alteraciones en su composición y actividad, así como una relación con el trastorno. Del mismo modo, se ha propuesto el uso de probióticos como parte del tratamiento integral de esta afección.

**Palabras clave:** Anorexia, depresión, microbiota, prebióticos, probióticos.

RECIBIDO: 11/09/2024; ACEPTADO: 18/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

### ¿Qué es la anorexia nerviosa?

La anorexia nerviosa es un **trastorno de la alimentación caracterizado por una notable pérdida de peso autoinducida**, atribuida a la alteración en la percepción del propio esquema corporal. No existe una causa única para este padecimiento, pero **se ha asociado mayormente a estados de ansiedad y depresión**. Este desorden alimenticio tiene consecuencias graves, determinadas por el grado de desnutrición y la cronicidad, factores que también condicionan el nivel de afectación de los órganos del cuerpo, los cuales se verán comprometidos en mayor o menor medida.

### ¿Qué es la microbiota?

La microbiota se define como la diversidad de **microorganismos vivos que residen en el organismo y cumplen funciones importantes en los órganos y sistemas donde se encuentran**. Estudios recientes la consideran un órgano adicional, dado que participa en procesos fisiológicos esenciales, como la protección frente a agentes patógenos y la descomposición de nutrientes complejos de la dieta. En consecuencia, la microbiota intestinal interactúa con otros órganos y sistemas, **favoreciendo la protección del organismo y la optimización del aprovechamiento de nutrientes**. Aunque la mi-

crobiota es individual, su alteración por múltiples factores **puede influir en el desarrollo y curso de diversas patologías**, incluyendo aquellas relacionadas con la salud mental, afectando la regulación del apetito, el comportamiento y las emociones.

### Relación entre la microbiota intestinal y la anorexia

En la anorexia, la disminución en la ingesta de alimentos y nutrientes provoca cambios en la microbiota comparada con personas sanas. A este **desequilibrio en los microorganismos** —ya sea en su composición, actividad o distribución— **se le denomina disbiosis**, y es responsable de **alteraciones fisiológicas** que pueden observarse en diferentes órganos (Figura 1).

Se ha reportado que los **pacientes con anorexia presentan un aumento de enterobacterias**, microorganismos asociados con inflamación intestinal, que **provocan la disminución de otras bacterias del grupo Firmicutes** —como *Ruminococcus*, *Roseburia* y *Clostridium*— encargadas de la fermentación de carbohidratos, un tipo de nutriente que adquirimos de los alimentos y nos brinda energía. Esta disminución **se traduce en menor producción de butirato**, un ácido graso de cadena corta implicado en la regulación de la saciedad y en el control de los niveles de glucosa y colesterol.

### Efectos adversos y consecuencias

Los **ácidos grasos** son moléculas pequeñas que **funcionan como fuente de energía para las células intestinales** (enterocitos) y ayudan a mantener la integridad de la barrera intestinal, reduciendo el riesgo de infecciones por agentes patógenos. **Cuando existe disbiosis** (modificación en la proporción de microorganismos), **la función intestinal se ve alterada**, generando irritación, inflamación y malestar general (Figura 2). En **casos crónicos**, esta condición prolonga la inflamación y la permeabilidad intestinal, lo que facilita que bacterias patógenas o **sus toxinas ingresen al torrente sanguíneo**, provocando complicaciones más difíciles de tratar. Un ejemplo es el sulfato de indoxilo, produ-

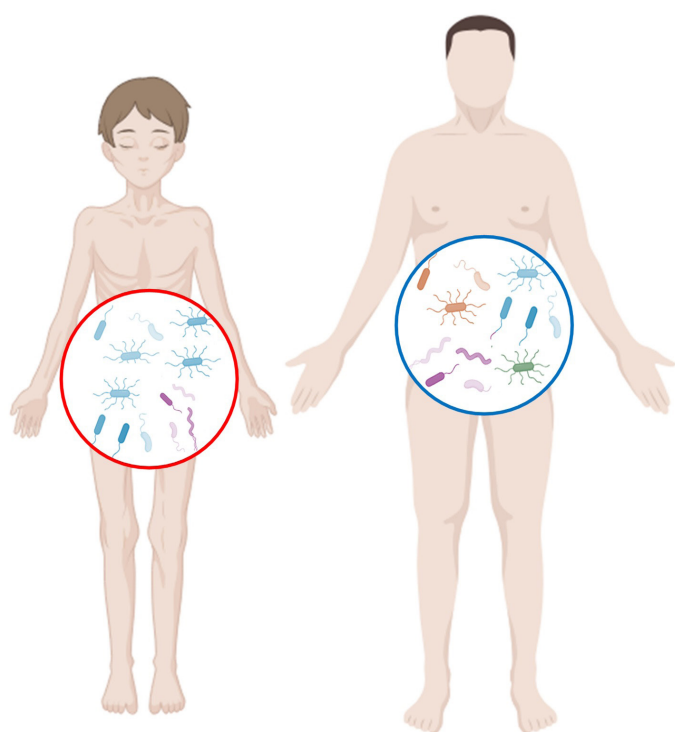


Figura 1. Cada persona tiene una microbiota particular, la cual se puede alterar por diferentes factores, causando una disbiosis. Elaboración propia, realizada en BioRender.com

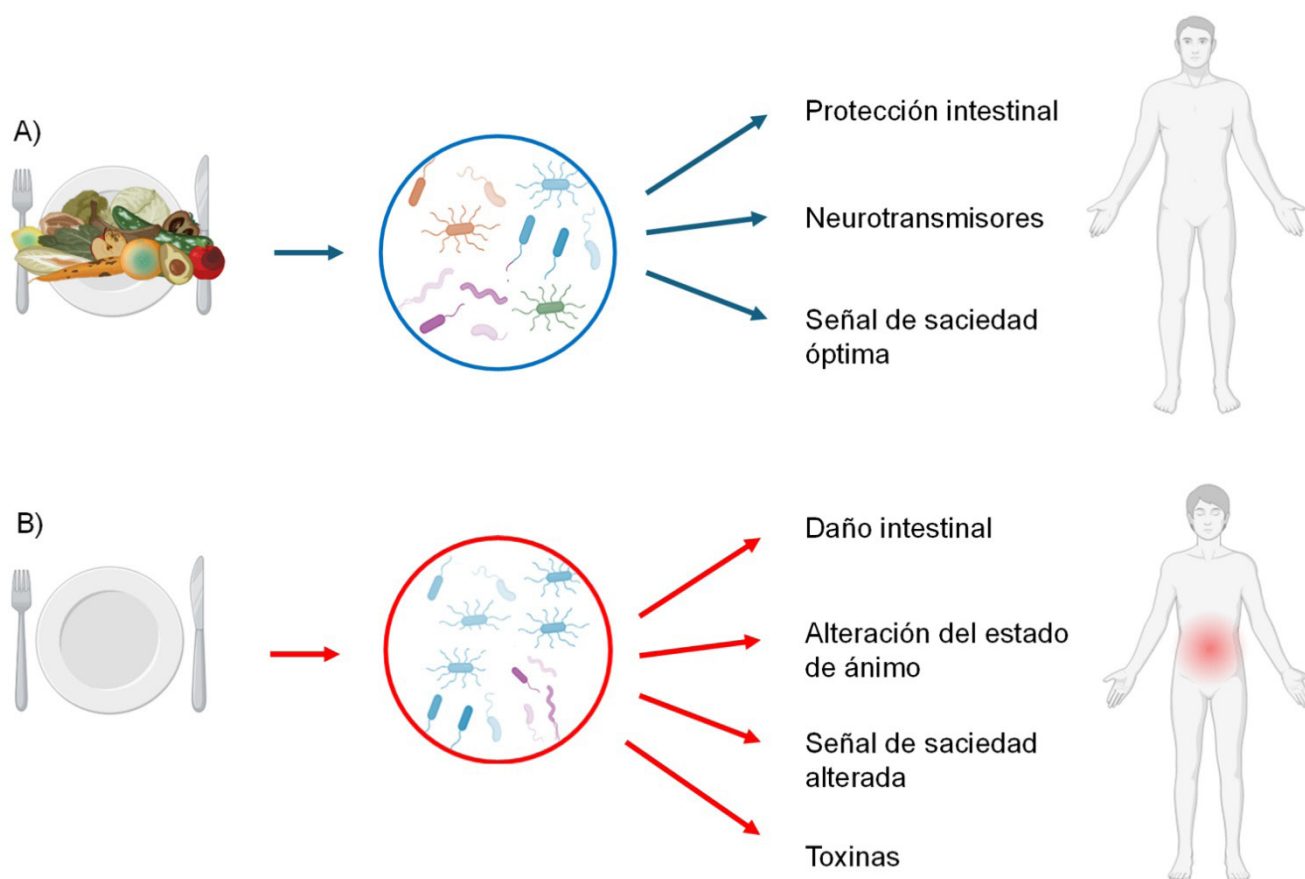


Figura 2. A) Beneficios de una buena alimentación. B) Consecuencias de una privación alimenticia. Elaboración propia, realizada en BioRender.com

cido por especies de *Clostridium*, relacionado con daño renal y vascular, y que puede inducir ansiedad o depresión.

Asimismo, la **microbiota interactúa con los distintos órganos, aparatos y sistemas del cuerpo, incluido el sistema nervioso**. Las bacterias intestinales participan en la síntesis de precursores de neurotransmisores —sustancias que permiten la transmisión de información entre neuronas—, como la **dopamina y la serotonina**, ambos implicados en la regulación del estado de ánimo.

Al **alterarse la microbiota, se modifican también** las sustancias que estos microorganismos producen y, por lo tanto, **las funciones que cumplen**. La disminución de estas sustancias puede manifestarse en **cambios en el estado de ánimo**, como mal humor, ansiedad e incluso depresión. Esto establece una relación entre la anorexia y la depresión, generando un círculo vicioso: la depresión puede contribuir al desarrollo de la anorexia, mientras que la perturbación de la microbiota, causada por la ingesta insuficiente de alimentos de ca-

lidad, reduce la producción de neurotransmisores, lo que a su vez potencia la depresión (Figura 3).

Asimismo, la microbiota intestinal **influye en el control del apetito** mediante la regulación de hormonas que modulan la sensación de hambre y saciedad. Por ejemplo, **las bacterias intestinales poseen lipopolisacáridos (LPS)** en su membrana, **moléculas complejas** capaces de activar receptores específicos que afectan la liberación de hormonas como la colecistoquinina. Esta hormona gastrointestinal estimula la secreción de bilis y de enzimas pancreáticas necesarias para la digestión de grasas, y además **actúa como señal de saciedad**, enviando información al cerebro sobre el llenado del estómago y el cese de la ingesta. En condiciones de disbiosis, la producción de estas hormonas se altera, lo que provoca cambios en el apetito. En pacientes con **anorexia crónica**, este desequilibrio contribuye a la **sensación de saciedad excesiva** y al mantenimiento de la restricción alimentaria.

De este modo, la microbiota intestinal no solo

actúa localmente en el intestino, sino que también tiene efectos a distancia, influyendo en el cerebro y en el comportamiento alimentario.

### Opciones de tratamiento

Aunque la anorexia nerviosa es un **trastorno multifactorial**, se ha propuesto el **uso de probióticos y prebióticos como complemento terapéutico**. Los probióticos son alimentos o suplementos que contienen microorganismos vivos benéficos para la digestión intestinal, mientras que los prebióticos aportan nutrientes que favorecen el crecimiento y la función adecuada de la microbiota. Apoyando esta idea, **se ha observado que ciertos microorganismos**, como *Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus* spp., **pueden producir neurotransmisores como la serotonina**.

Estos hallazgos muestran el **potencial de los probióticos para influir en aspectos neuroquímicos** que pueden ser relevantes en el manejo de la anorexia nerviosa y sus implicaciones psicológicas y emocionales. Este enfoque resulta **complementario al seguimiento médico y psicológico**, dado que no existe un tratamiento exclusivo o estandarizado, y aún se requieren estudios que evalúen los efectos de su administración a largo plazo. Asimismo, es importante considerar que la ingesta insuficiente de alimentos afecta tanto la cantidad como la calidad de la nutrición; por ello, **en pacientes en recuperación** que no consumen grandes cantidades de comida, **la incorporación de suplementos adecuados**, como pro-

bióticos y prebióticos, **constituye una alternativa viable** para apoyar su recuperación.

### Importancia de la salud integral

Resulta sorprendente cómo **los microorganismos que habitan nuestro intestino son fundamentales para mantener la salud integral**, y cómo su desequilibrio, provocado por la ingesta inadecuada de nutrientes en la anorexia nerviosa, genera un ciclo en el que los factores físicos afectan a los psicológicos y viceversa. No obstante, comprender el papel de la microbiota intestinal en este trastorno permite profundizar en su conocimiento y orientar mejor su abordaje, considerando el uso de probióticos y prebióticos como complemento a los tratamientos actuales.

Agradecimientos: A la Dra. Juana Elizabeth Reyes Martínez por su asesoría y a la Dra. Luz Urquieta Ramírez por su revisión para llegar a la versión final.

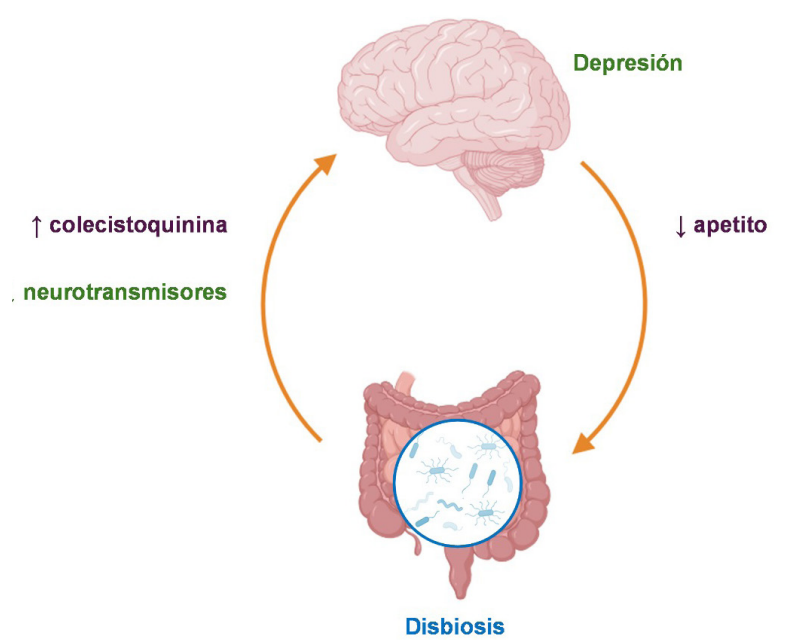


Figura 3. Círculo vicioso entre la disbiosis, la depresión y la baja o nula ingesta alimenticia. Elaboración propia, realizada en BioRender.com



Loria-Kohen V., Montiel-Fernández N., López-Plaza B. y Aparicio A. (2023). Anorexia nerviosa, microbiota y cerebro. *Nutrición Hospitalaria*, 40(2), 46-50. <https://doi.org/10.20960/nh.04955>

Martínez-Moreno A.G. (2022). Probiotics as a psychonutritional treatment for anorexia nervosa. A systematic review. *Revista Mexicana de Trastornos Ali-*

*mentarios*, 12(2), 202-214). <https://doi.org/10.22201/fesi.20071523e.2022.2.736>

Morales-Allende M.F. y Galván-Sánchez G. (2021). Características clínicas de anorexia nerviosa extrema. Reporte de caso. *Revista de La Facultad de Medicina*, 64(2), 26-30. <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2021.64.2.04>

# ARTÍCULO

## Estudiantes 4.0: Creando el futuro con IA

Jairo Mariel Cárdenas



Imagen creada con IA gemini

### Resumen

La inteligencia artificial (IA) está transformando todos los aspectos de nuestra vida, desde la medicina hasta la educación. Para los estudiantes de hoy, resulta fundamental comprender esta tecnología en constante expansión y sus implicaciones. Este artículo analiza cómo la IA impacta diversas áreas, como el diagnóstico médico, el diseño ingenieril, la creatividad artística y la educación personalizada. Asimismo, enfatiza la importancia de desarrollar habilidades como la programación básica y el uso de *software* y aplicaciones, así como el pensamiento crítico, necesario para evaluar las implicaciones éticas de la IA. Conocer sus alcances y mantenerse actualizado sobre estos avances es clave para aprovechar las oportunidades futuras y afrontar los desafíos emergentes.

**Palabras clave:** Habilidades futuras, innovación educativa, inteligencia artificial.

**Jairo Mariel-Cárdenas.** Profesor e investigador, Facultad de Estomatología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

[llairo@yahoo.com.mx](mailto:llairo@yahoo.com.mx)

RECIBIDO: 26/08/2024; ACEPTADO: 14/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

**E**n nuestro día a día, la **tecnología avanza a pasos agigantados**, y la inteligencia artificial (IA) se encuentra en el centro de esta transformación. Desde los teléfonos que utilizamos hasta los avances en medicina y educación, **la IA está remodelando nuestra vida**. Hoy en día, comprender y conocer esta tecnología no solo resulta interesante, sino esencial para estar preparados ante los cambios que se avecinan. A continuación, exploraremos por qué es importante conocer la IA, cómo se aplica en distintos ámbitos y por qué es fundamental mantenerse al tanto de sus avances.

### ¿Qué es la IA?

Se define como la **capacidad de las máquinas para realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana**, incluyendo la comprensión del lenguaje, la toma de decisiones y el aprendizaje a partir de la experiencia. Aunque en las películas de ciencia ficción la IA suele presentarse como algo futurista y complejo, en realidad **es una tecnología presente y accesible para todos**.

La IA se compone de un conjunto de métodos con distintos enfoques, entre los cuales destacan el aprendizaje automático, que permite a las máquinas aprender y mejorar a partir de los datos que procesan, y el procesamiento del lenguaje natural, que facilita que las máquinas comprendan y generen lenguaje humano. Gracias a estas técnicas, **la IA puede ejecutar tareas que anteriormente solo podían realizar las personas**.

### Aplicaciones de la IA

La IA tiene aplicaciones en una amplia variedad de áreas, cada una ofreciendo oportunidades significativas. Entre las más importantes se encuentran:

**Medicina.** En el ámbito médico, la IA ofrece nuevas formas de diagnosticar enfermedades. Los sistemas de IA **pueden analizar**

**grandes volúmenes de datos médicos y detectar patrones que podrían pasar desapercibidos para los humanos**. Por ejemplo, existen sistemas capaces de evaluar radiografías y resonancias magnéticas para identificar signos tempranos de enfermedades como el cáncer o problemas cardíacos. Un caso destacado es la detección de enfermedades oculares en sus primeras etapas mediante el análisis de imágenes de la retina; un sistema de IA puede identificar problemas como la retinopatía diabética antes de que provoquen daños graves en la visión.

**Ingeniería.** En ingeniería, la IA contribuye a **diseñar y construir de manera más eficiente, anticipando fallos en sistemas complejos y mejorando la calidad de los productos**. En construcción, por ejemplo, puede analizar datos de sensores en puentes y edificios para prever problemas estructurales antes de que ocurran. En la industria automotriz, la IA ayuda a diseñar vehículos más seguros y eficientes, simulando distintas condiciones de manejo y desarrollando sistemas avanzados de seguridad, como frenos automáticos y asistentes de mantenimiento de carril.

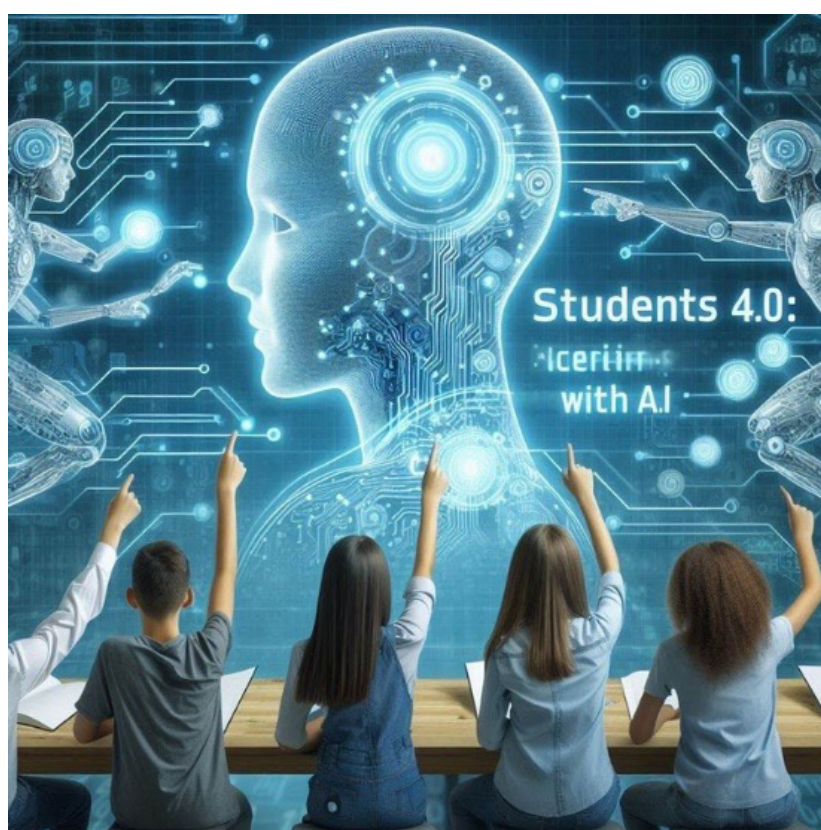


Imagen creada por <https://www.bing.com/chat?q=Microsoft+Copilot&FORM=hpcodx>



**Artes.** La IA está revolucionando el mundo del arte, desde la composición musical hasta la creación de obras visuales, **desbloqueando nuevas formas de creatividad**. Por ejemplo, existen **algoritmos capaces de estudiar distintos estilos artísticos y combinar elementos de diferentes épocas** para generar obras completamente nuevas. En música, la IA puede producir melodías y armonías que parecen creadas por músicos humanos, ofreciendo a los artistas la libertad de experimentar con ideas y estilos innovadores, sin necesidad de dominar todos los aspectos técnicos de la composición.

**Educación.** En el ámbito educativo, la IA está transformando la manera en que adquirimos conocimientos. Los sistemas de aprendizaje basados en IA **adaptan los contenidos al ritmo y las necesidades de cada estudiante**, haciendo la experiencia de aprendizaje más personalizada y accesible. Por ejemplo, algunas plataformas educativas pueden identificar los temas en los que un estudiante presenta dificultades y proporcionar materiales y herramientas específicas para mejorar su desempeño. **Esto permite que los profesores concentren su atención en brindar apoyo adicional justo donde más se necesita.**

### Mantenerse al día con IA

La tecnología avanza rápidamente, y lo que sabemos hoy puede cambiar mañana. Por ello, es **fundamental que los estudiantes se mantengan informados sobre los últimos avances en IA**, ya que, a medida que evoluciona, surgen nuevas aplicaciones y tecnologías, lo que hace que el aprendizaje continuo sea esencial. En este sentido, **existen diversas formas de aprender sobre IA**. Los  **cursos en línea**, ofrecidos por plataformas especializadas, permiten estudiar desde casa y están diseñados por expertos, proporcionando una introducción a los conceptos clave y a las técnicas utilizadas en esta área.

Los **talleres y conferencias también son recursos valiosos** para mantenerse actualizado. Muchas universidades y organizaciones tecnológicas organizan eventos que presentan investigaciones recientes y aplicaciones innovadoras de la IA. Asimismo, **participar en proyectos prácticos y competencias** ofrece una experiencia directa, enriquecedora y divertida, que complementa el aprendizaje teórico.

### Preparación para el futuro laboral

La IA está redefiniendo el mundo laboral,

creando nuevas profesiones y transformando la manera en que se hacen muchos trabajos actuales. Mientras algunas tareas rutinarias se automatizan, surgen oportunidades en áreas como el desarrollo de IA, el análisis de datos y la gestión de sistemas inteligentes. Para los estudiantes, esto implica la necesidad de prepararse para un futuro en el que **las habilidades tecnológicas serán cada vez más importantes**. Desarrollar competencias en programación, análisis de datos y uso colaborativo de herramientas de IA será fundamental para afrontar con éxito este nuevo panorama laboral.

### Habilidades clave para el futuro con IA

Existen varias habilidades especialmente útiles, tales como:

**Programación.** Aprender a escribir y comprender código es fundamental para entender la IA. Una forma de comenzar es estudiando lenguajes de programación que permitan desarrollar aplicaciones de IA, así como adquirir conocimientos sobre los principios básicos de la programación.

**Análisis de datos.** La capacidad de trabajar con grandes volúmenes de datos y detectar patrones es esencial. Se puede iniciar utilizando herramien-

tas accesibles que faciliten cálculos y gráficos, o recurriendo a plataformas en línea que ofrezcan funciones similares. Además, existen cursos gratuitos y proyectos prácticos que permiten practicar el análisis de datos de manera efectiva.

**Pensamiento crítico.** No basta con saber utilizar la IA; también es necesario reflexionar sobre cómo se aplica y cuál es su impacto. Por ejemplo, cuestionar cómo estos sistemas afectan la privacidad y la manera en que trabajamos ayuda a tomar decisiones más responsables. Esta habilidad se puede desarrollar leyendo artículos sobre ética tecnológica y participando en debates en línea, donde se comparten y confrontan distintos puntos de vista.

### Casos inspiradores

**Aplicación para diagnóstico de salud.** Un grupo de estudiantes de medicina desarrolló una aplicación que utiliza IA para analizar síntomas y ofrecer diagnósticos preliminares. Esta herramienta puede ayudar a las personas a recibir una evaluación rápida y decidir si necesitan acudir a un médico.

**Sistema de predicción de fallos en infraestructuras.** Estudiantes de ingeniería crearon un sistema basado en IA que monitorea la salud estructural de



puentes y edificios. Analiza datos en tiempo real y alerta sobre posibles problemas, mejorando la seguridad y facilitando el mantenimiento preventivo.

**Plataforma educativa personalizada.** Un equipo de estudiantes diseñó una plataforma de aprendizaje adaptativo que emplea IA para ajustar el contenido educativo según las necesidades de cada estudiante, ofreciendo recursos personalizados y seguimiento del progreso académico.

**Generación de arte digital.** Artistas y programadores colaboraron para crear un sistema de IA capaz de generar obras visuales únicas. El algoritmo combina distintos estilos artísticos, generando piezas que fusionan lo tradicional con lo moderno.

**Asistente virtual para la tarea escolar.** Estudiantes desarrollaron un asistente virtual basado en IA que ayuda a resolver problemas matemáticos y responde preguntas sobre distintas materias. Este asistente funciona como un tutor personal, proporcionando apoyo educativo adicional.

### Mirando al futuro

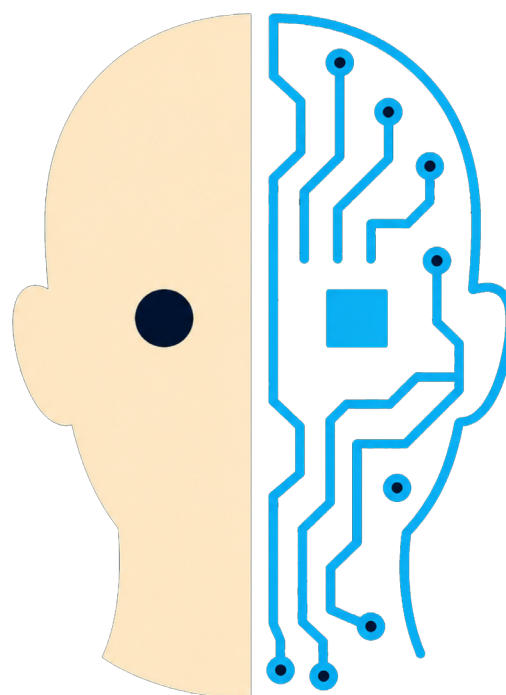
La IA seguirá evolucionando, y su impacto en nuestra vida diaria y en el mercado laboral será cada vez mayor. No basta con conocerla: también es fundamental comprender las implicaciones

éticas y sociales que conlleva.

Es necesario reflexionar sobre cómo estas tecnologías afectan nuestra privacidad, seguridad y vida cotidiana. A medida que avanzamos, **debemos considerar cómo la IA puede contribuir a resolver problemas globales** y mejorar la calidad de vida de manera responsable y sostenible.

Conocer la IA y mantenerse actualizado sobre sus avances es esencial para los estudiantes que desean estar preparados para el futuro. La IA está transformando el mundo, **y lo que hoy se percibe como innovación, mañana formará parte de nuestra vida cotidiana.** Te invitamos a explorar este fascinante campo y a prepararte para un futuro en el que la IA será clave para el progreso y el bienestar de la sociedad.

El futuro está en tus manos. Aprovecha la oportunidad para aprender y contribuir a un mundo donde la IA no solo facilite nuestras vidas, sino que también abra nuevas oportunidades y soluciones innovadoras. ¡El camino hacia el futuro comienza hoy! Forma parte de los estudiantes 4.0.



Flores-Vivar J. y García-Peñalvo F. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la inteligencia artificial en el marco de la educación de calidad (ODS4). *Comunicar*, 74, 37-47. <https://www.revistacomunicar.com/pdf/74/c7403es.pdf>

Instituto Politécnico Nacional. (2018). Docencia Politécnica (No. 18). <https://www.ipn.mx/assets/files/inno->

[vacion/docs/docencia-politecnica/Docencia-politecnica-18/Docencia-Politecnica-18.pdf](https://www.ipn.mx/assets/files/inno-vacion/docs/docencia-politecnica/Docencia-politecnica-18/Docencia-Politecnica-18.pdf)

Zermeño-González R. (2024). Inteligencia artificial fortalece la educación superior. *SelectNet*. <https://selectnet.selectestrategia.net/reporte/inteligencia-artificial-fortalece-la-educacion-superior/>

# ARTÍCULO

## Profesionalización y corrupción, obstáculos en la seguridad pública

Zorayda González-Vázquez



Imagen creada por IA. Gemini.google.com

### Resumen

La seguridad pública en México constituye una demanda social crítica y creciente ante la insuficiencia de las estrategias oficiales. En Michoacán, el panorama es particularmente complejo; pese a las reformas gubernamentales orientadas a frenar la delincuencia en municipios clave, los resultados han sido limitados. El ejercicio pleno del derecho humano a la seguridad se ve obstaculizado por problemas estructurales persistentes, como la corrupción interna y la escasa profesionalización de los cuerpos policiales. Esta situación mantiene una profunda brecha entre las acciones institucionales y la garantía de paz que la ciudadanía demanda.

**Palabras clave:** Corrupción, profesionalización, seguridad pública.

**Zorayda González-Vázquez.** Estudiante de doctorado en Ciencias Jurídicas del Posgrado en Derecho, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [0000484d@umich.mx](mailto:0000484d@umich.mx)

RECIBIDO: 11/07/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

Según el artículo 21 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, **la seguridad pública es una responsabilidad compartida entre la Federación, las entidades federativas y los municipios.** Por ello, corresponde a estos tres órdenes de gobierno llevar a cabo acciones que contribuyan a la generación y preservación del orden público y la paz social. Los resultados de la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2023, realizada anualmente por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), señalan que **la percepción de la seguridad pública en México es preocupante.**

En 2023, el 60.5 % de la población de 18 años y más identificó la inseguridad como el problema más significativo que enfrenta el país. Además, durante el periodo de marzo a abril de ese año, el 74.6 % de las personas de este mismo grupo de edad consideró que vivir en su estado era inseguro debido a la delincuencia prevaleciente. Ante este panorama, **resulta crucial implementar cambios orientados a mejorar la percepción de la seguridad pública,** con especial atención en dos factores determinantes: la profesionalización de los cuerpos policiales y el combate a la corrupción. Ambos elementos son fundamentales, ya que impactan directamente en la efectividad y en la confianza hacia las instituciones encargadas de garantizar la seguridad ciudadana.

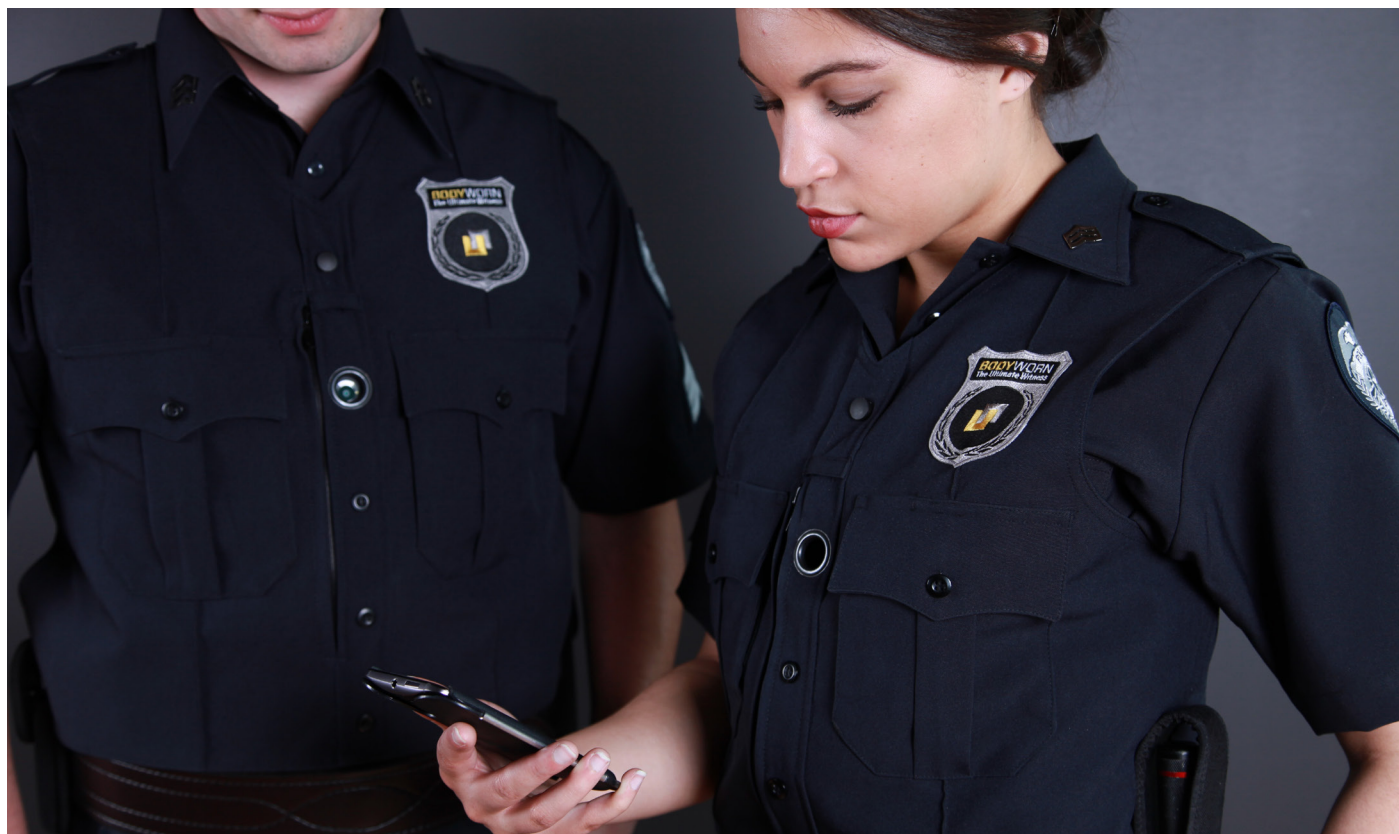
La **profesionalización policial,** según la Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Públi-

ca en México, comprende un **proceso continuo y progresivo de formación destinado a potenciar al máximo las competencias, capacidades y habilidades** de los integrantes de las instituciones policiales. Este proceso incluye etapas como la formación inicial, la actualización, la promoción, la especialización y la alta dirección, todas orientadas a mejorar el desempeño y la efectividad de los cuerpos policiales en el cumplimiento de sus funciones de seguridad pública.

De los cinco elementos que conforman la profesionalización, no todos se aplican en las instituciones policiales, o al menos no de manera eficiente. En particular, **en el estado de Michoacán aún falta mucho para considerar que los elementos policiales se encuentran plenamente capacitados** para desempeñar las funciones que les corresponden. Aun cuando se han realizado diversos intentos de profesionalización, los cambios constantes en los mandos dificultan la continuidad de estos procesos. En julio de 2022, la Secretaría de Seguridad Pública —institución encargada de garantizar la seguridad pública en el estado— experimentó modificaciones importantes, principalmente en su estructura operativa.

Una de las transformaciones más significativas fue el **cambio de nombre de Policía Michoacán a Guardia Civil, con el objetivo de mejorar la calidad y la eficiencia operativa del cuerpo policial,** fortalecer la investigación de delitos, reducir la criminalidad y aumentar la confianza de la población





<https://pixabay.com/es/photos/desgastado-c%3%a1mara-corporal-794105/>

en las instituciones de seguridad pública. Sin embargo, a tres años de esta transformación, la seguridad en Michoacán no ha mostrado los resultados esperados. **La inseguridad ha aumentado en gran parte del estado**, y Michoacán se ha convertido con frecuencia en noticia a nivel nacional por la elevada incidencia delictiva. Por ello, resulta necesario impulsar cambios de fondo, como la profesionalización de los elementos policiales. **Aunque estas transformaciones no pueden lograrse de manera inmediata, es indispensable comenzar con la formación de quienes se integran como nuevos elementos a la Guardia Civil.**

La Encuesta Nacional de Estándares y Capacitación Profesional Policial (ENECAP) 2017, realizada por el INEGI, fue la primera en México en proporcionar información estadística representativa de las policías a nivel federal, estatal y municipal. De acuerdo con este estudio, **en 2017 el déficit de profesionalización a nivel nacional alcanzó el 44 %**, lo que reveló que más de cuatro de cada diez elementos en activo en las corporaciones policiales del país carecían de formación inicial o de cursos de actualización o especialización. Estos resultados resultan preocupantes, ya que, si los elementos policiales encargados de garantizar la seguridad pública en México no cuentan con la capacitación necesaria para desempeñar las funciones que les son encomendadas, difícilmente podrán realizar su labor de manera eficaz.

La **capacitación** es fundamental para la actualización de cualquier profesión. Constituye un **proceso metódico que facilita la renovación de conocimientos, habilidades y destrezas**, y que además puede vincularse con incentivos como mejoras salariales. En el ámbito de las instituciones policiales, este proceso resulta especialmente relevante para fortalecer el desempeño y la efectividad de los cuerpos de seguridad. No obstante, **otro factor que influye de manera directa en la garantía de la seguridad pública en México es la corrupción**. Esta se entiende como el uso de un cargo público para obtener un beneficio privado, ya sea mediante la acción u omisión de determinadas responsabilidades. El problema de la corrupción ha estado presente en la sociedad mexicana durante mucho tiempo y, aunque su erradicación es compleja, no es imposible.

En la actualidad, **la corrupción dentro de las instituciones policiales** puede presentarse en distintos niveles jerárquicos, **desde los elementos de menor rango hasta los mandos directivos**. Este tipo de prácticas impide el desarrollo institucional y limita la construcción de un Estado más sólido. La falta de ética y de valores en la ciudadanía y en los funcionarios públicos y privados, la ausencia o debilidad de normas reguladoras, así como el control inadecuado y el uso indebido de los recursos públicos y privados, son factores que generan afectaciones amplias para la sociedad, especialmente en

los ámbitos económico, político y cultural.

La presencia de **corrupción dentro de las instituciones policiales** también ha provocado una **profunda desconfianza ciudadana hacia estos cuerpos de seguridad**. Con frecuencia, la figura del policía se asocia de manera inmediata con actos de corrupción o abuso de autoridad. En México, la corrupción ha sido uno de los principales desafíos que enfrentan los gobiernos al asumir el poder. De acuerdo con la ENVIPE, los niveles de percepción de corrupción en las corporaciones policiales son elevados: **policías preventivas municipales (67.9 %), policías estatales (64.1 %) y Policía Federal (55.2 %)**.

Otro dato relevante es el presentado por Transparencia Internacional y **Transparencia Mexicana en la edición 2022 del Índice de Percepción de la Corrupción (IPC)**, que evalúa la situación de la corrupción en 180 países. México, por tercer año consecutivo, mantuvo la misma calificación en este índice: **31 puntos**. En la escala del IPC, que va de cero (la peor calificación) a 100 (la mejor posible), este resultado ubica a **México en la posición 126 de los 180 países evaluados** por Transparencia Internacional. Entre los países de la OCDE, México continúa siendo el peor evaluado y, dentro del G20, ocupa el segundo lugar más bajo. Entre las veinte economías más grandes del mundo, solo Rusia obtuvo una calificación inferior.

La corrupción en las instituciones policiales ha debilitado significativamente la confianza ciudadana, al punto de que la percepción general hacia los policías se encuentra fuertemente marcada por la asociación con prácticas corruptas y abusos de autoridad.

Para lograr un mejor desempeño policial, además de impulsar modificaciones en materia de profesionalización y de combatir los actos de corrupción dentro de las instituciones policiales, también **es necesario replantear las condiciones laborales de los elementos de seguridad**, particularmente en lo que respecta a los **salarios y a**

**las jornadas laborales** extenuantes a las que con frecuencia están sujetos. Todos estos factores se encuentran estrechamente relacionados. La necesidad de reconstruir los cuerpos policiales encargados de garantizar la seguridad pública en México ha sido uno de los objetivos de los distintos gobiernos en las últimas décadas. Por ello, resulta fundamental destacar la importancia de la profesionalización de los elementos que integran las instituciones de seguridad, de modo que, al desempeñar sus funciones, cuenten con los conocimientos, el perfil, las habilidades y las aptitudes necesarias.

No obstante, para **combatir la corrupción**, diversos estudios señalan que es indispensable abordar el problema **desde sus bases sociales**. En primer lugar, **desde la familia**, ya que es el espacio donde se forman los valores fundamentales que orientan la conducta de las personas. Posteriormente, **desde las instituciones educativas**, donde se aprende a convivir con los demás y se adquieren los conocimientos básicos que permiten comprender el entorno social.

El **ámbito laboral** también desempeña un papel importante, pues es en él donde se ponen en práctica los valores y los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación personal y académica. Por esta razón, **resulta indispensable que la educación recibida sea de calidad**.



Cámara de Diputados. (2009). *Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública en México*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGSNSP.pdf>  
 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). *Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2023*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enecap/2017/>

[gi.org.mx/programas/enecap/2017/](https://www.inegi.org.mx/programas/enecap/2017/)  
 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Encuesta Nacional de Estándares y Capacitación Profesional Policial ENECAP (2017)*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enecap/2017/>

# ARTÍCULO

## Diversidad sexual y de género: Más allá del binario

Irazú Margarita Calderón-Tinajero y Frida Vega-Muñoz



<https://pixabay.com/es/illustrations/amor-corazones-diversidad-compasi%3b%b3n-10175788/>

**Irazú Margarita Calderón-Tinajero.** Laboratorio de Biología Celular, Maestría en Ciencias (Biología), Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato. Guanajuato.

[im.calderontinajero@ugto.mx](mailto:im.calderontinajero@ugto.mx)

**Vega Muñoz-Frida.** Laboratorio de Inmunomicrobiología Molecular. Maestría en Ciencias (Biología), Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato. Guanajuato.

[f.vegamunoz@ugto.mx](mailto:f.vegamunoz@ugto.mx)

### Resumen

Este artículo explora la distinción entre sexo y género, a la vez que destaca la diversidad y complejidad que desafían el binarismo. En la naturaleza existen múltiples ejemplos que ilustran esta flexibilidad: el dimorfismo sexual en aves, la diversidad de roles en mamíferos, así como la determinación y el cambio de sexo en reptiles y peces. Fenómenos como la partenogénesis y el hermafroditismo demuestran que la diversidad sexual constituye una adaptación evolutiva clave para la supervivencia de las especies. De manera similar, en la humanidad esta diversidad también resulta fundamental, pues la flexibilidad en las identidades y expresiones de género, así como en la sexualidad, puede entenderse como una estrategia relevante para la adaptación, la resiliencia y el desarrollo social y cultural.

**Palabras clave:** Diversidad en la naturaleza, diversidad sexual, género, sexo.

RECIBIDO: 29/08/2024; ACEPTADO: 14/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

Desde hace tiempo, el estudio de las ciencias biológicas y sociales ha introducido los **conceptos de sexo y género**. Aunque ambos términos suelen utilizarse indistintamente en el lenguaje coloquial, **representan aspectos y enfoques muy distintos de la identidad y la diversidad** tanto humana como animal.

En este sentido, el presente artículo tiene como objetivo informar y difundir las diferencias entre las definiciones de sexo y género —tanto en el ámbito biológico como en el social—, destacando la diversidad y la estructura no binaria del sexo en la naturaleza. **Comprender esta distinción resulta fundamental para el avance de la sociedad**, ya que reconocer su naturaleza compleja y diversa impulsa la necesidad de promover una convivencia más inclusiva y respetuosa.

### Definición de sexo y género

Según la Real Academia Española (RAE), el **sexo** se refiere a «las **características físicas y fisiológicas entre organismos que se clasifican como machos y hembras**». Es decir, el concepto de sexo se utiliza para describir los rasgos biológicos que, en algunas especies, suelen estar determinados por los cromosomas sexuales y se manifiestan en aspectos anatómicos, hormonales y reproductivos.

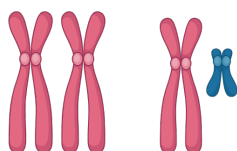
Los **cromosomas sexuales determinan el sexo biológico de un individuo**. En los seres humanos, los cromosomas X e Y constituyen la base de una estructura tradicionalmente considerada binaria (**XX para hembras y XY para machos**). Sin embargo, existen variaciones cromosómicas como el síndrome de **Klinefelter (XXY)**, el **síndrome de Turner (Xo)**, el llamado **supermacho (XYY)** y la **superhembra (XXX)**, que cuestionan este modelo binario y evidencian que la determinación del sexo es más compleja de lo que suele asumirse.

Desde el punto de vista de la sexología, se reconocen seis factores biológicos en los seres humanos que influyen en la determinación del sexo:

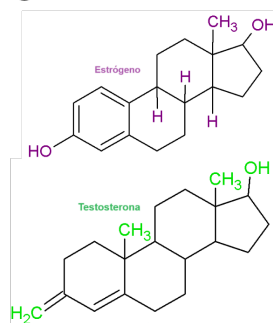
1. **Factor genético** (cromosomas), mencionado anteriormente;
2. **Factor hormonal**, relacionado con la variación de estrógenos, progesterona y andrógenos;
3. Las **gónadas**, es decir, testículos, ovarios o, en algunos casos, la presencia de ambos;
4. **Factor anatómico interno**, que incluye estructuras como el útero, la próstata, los esfínteres, los conductos deferentes y la organización de los vasos sanguíneos;
5. **Factor anatómico externo**, referido a los genitales como el pene, el escroto y la vulva;
6. La **estructura biopsicosocial de la identidad**,

## Factores biológicos humanos que determinan el sexo

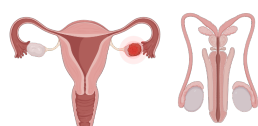
① Cromosomas



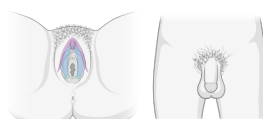
② Hormonas



③ Anatómico interno



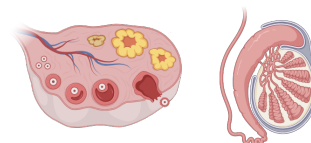
④ Anatómico externo



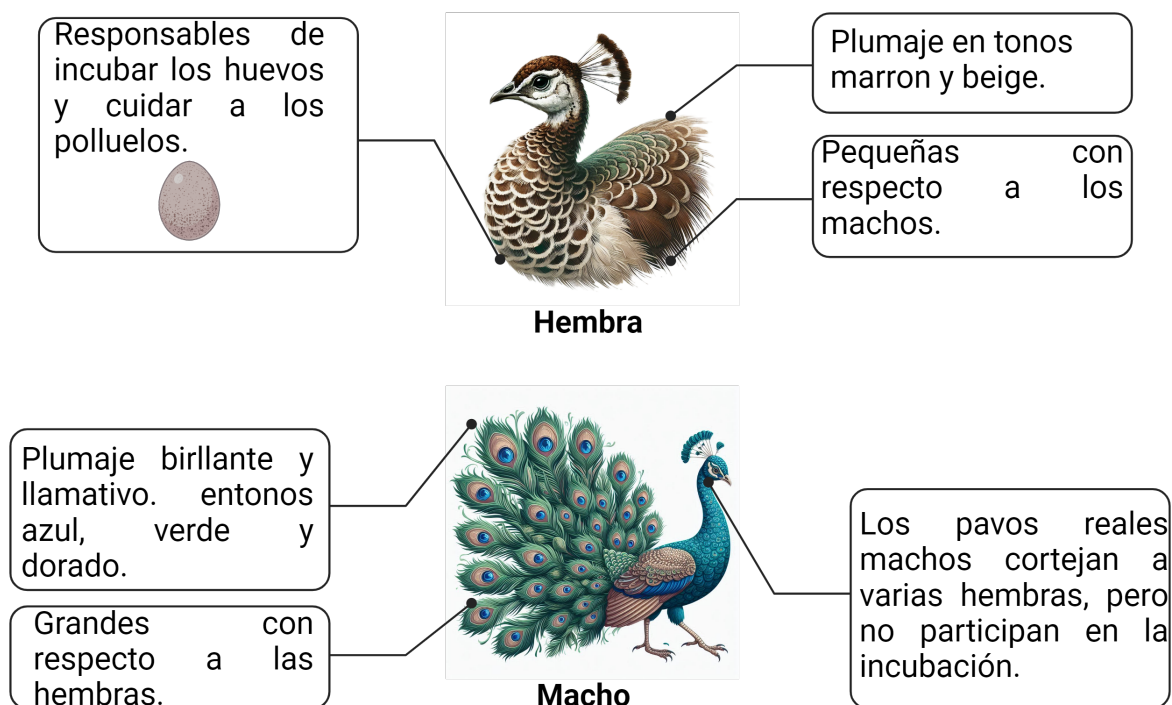
⑥ Biopsicosocial



⑤ Gónadas



## Dimorfismo sexual y estrategia de crianza en el pavo real



que biológicamente se relaciona con posibles configuraciones en mosaico en el cerebro humano, donde pueden coexistir características asociadas a lo femenino y a lo masculino.

El conjunto de estas características, junto con la influencia del entorno social, contribuye a la configuración de la identidad de género.

El **género agrupa a individuos que comparten ciertas características**. En biología, el término se utiliza para clasificar organismos en especies; sin embargo, en el **contexto humano** se entiende principalmente como un **fenómeno social**. Más allá de su definición en la RAE, el género **abarca comportamientos, normas y roles que la sociedad considera apropiados** para los géneros asignados —tradicionalmente hombres y mujeres—, al tiempo que reconoce identidades que trascienden el binarismo masculino-femenino.

La definición de género está moldeada por el contexto social y cultural, por lo que sus normas y expectativas **varían entre culturas y épocas**. La sociología, disciplina que estudia la estructura y el funcionamiento de las sociedades, ofrece una perspectiva más amplia sobre este concepto. Por ejemplo, **algunas culturas reconocen más de dos géneros**, como los *hijras* en el sur de Asia, los *fa'afafine* en Samoa y las identidades conocidas como «dos espíritus» en diversas culturas indígenas de América del Norte.

### Ejemplos de lo no-binario en el reino animal

Dentro del reino animal existen diversos ejemplos que muestran cómo las manifestaciones del sexo no siempre se ajustan a un esquema estrictamente binario. En muchos casos, las diferencias entre individuos no pueden reducirse únicamente a la clasificación simple de hembras y machos. Un primer aspecto observable es el **dimorfismo sexual**, entendido como la **diferencia física entre individuos de una misma especie en función de su sexo**.

Un **ejemplo** claro de este fenómeno es el **pavo real**: en esta especie, los machos poseen plumas largas y coloridas que despliegan para atraer a las hembras, mientras que estas presentan un plumaje marrón que les permite camuflarse en su entorno. En **los pingüinos**, en cambio, la mayoría de las especies muestra una apariencia muy similar entre machos y hembras, aunque los machos suelen ser ligeramente más grandes.

En cuanto a los **mecanismos de crianza** en los ejemplos anteriores, los **machos de pavo real** cortejan a varias hembras, pero **no participan en la crianza de los polluelos**. Son las hembras quienes construyen el nido, incuban los huevos y cuidan de las crías por sí solas. En contraste, en **los pingüinos**, **ambos progenitores participan en la incubación de los huevos y en el cuidado de los polluelos**. En especies como el pingüino emperador, por ejemplo, los machos se encargan de incubar los huevos

mientras las hembras salen a alimentarse. Aun así, estas conductas no constituyen una regla universal, ya que también se han documentado casos en los que los roles se invierten o en los que se forman parejas del mismo sexo, como ocurre en algunas poblaciones de albatros y cisnes negros.

Por otro lado, los roles dentro de los grupos o manadas han sido tradicionalmente asociados a características relacionadas con el sexo; sin embargo, estos comportamientos no están estrictamente determinados por él.

En las manadas de leones, por ejemplo, **las leonas cazan en grupo y se encargan de la crianza de las crías**, mientras que **los machos suelen defender el territorio**. No obstante, existen excepciones, como el caso de *Mmamoriri*, una leona con melena que presentaba comportamientos asociados típicamente a los machos. En las hienas manchadas, las hembras son más grandes y dominantes—debido, en parte, a sus elevados niveles de testosterona— y lideran un sistema matriarcal. Los **bonobos**, por su parte, presentan una **estructura social cooperativa liderada por hembras**, en la que el comportamiento sexual desempeña un papel importante para resolver conflictos y mantener la cohesión del grupo, con interacciones frecuentes entre individuos de distintos sexos y edades.

En los **reptiles**, animales ovíparos, **la determinación del sexo suele depender de la temperatura de incubación de los huevos**. En muchas especies, temperaturas más altas tienden a producir hembras, mientras que temperaturas más bajas favorecen el desarrollo de machos.

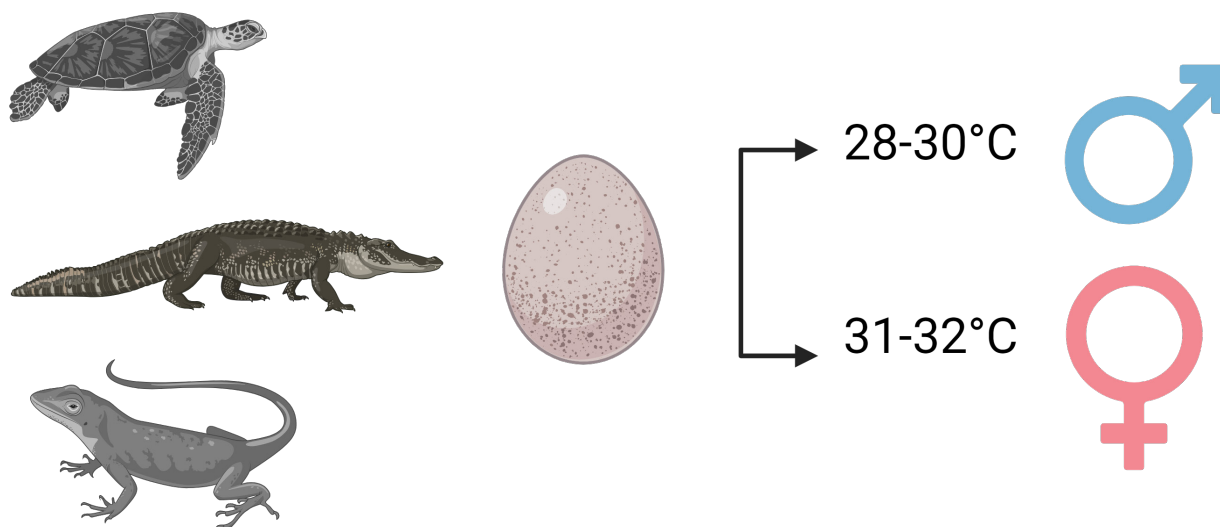
El **cambio de sexo** constituye un mecanismo reproductivo exitoso en algunas especies. Un ejemplo de ello son los **peces payasos**, que **son hermafroditas secuenciales**: comienzan su vida como machos y, **si la hembra dominante muere, uno de ellos cambia de sexo y se convierte en hembra de manera irreversible**, con el fin de mantener la estructura jerárquica del grupo. Otro ejemplo de diversidad sexual no binaria se observa en las **babosas de mar y en otros invertebrados**, que son **hermafroditas simultáneos**; es decir, **poseen órganos sexuales tanto masculinos como femeninos**. Estos mecanismos reflejan la flexibilidad y diversidad presentes en las estrategias reproductivas del reino animal.

Otro mecanismo reproductivo menos difundido es la **partenogénesis**, una forma de **reproducción asexual en la que los embriones se desarrollan sin fertilización**. Algunas especies de lagartijas del género *Aspidoscelis* presentan este tipo de reproducción. La partenogénesis ofrece ciertas ventajas y desventajas: por un lado, permite colonizar rápidamente nuevos hábitats; por otro, reduce la variabilidad genética, lo que puede aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones frente a enfermedades y cambios ambientales.

### Evolución, adaptación y ecología

El desarrollo de **roles de género** dentro de una especie está estrechamente **vinculado con la ecología del entorno en el que viven** los organismos. Las presiones ambientales, la disponibilidad de recursos y las necesidades de supervivencia in-

### Determinación del sexo por temperatura en reptiles



fluyen en la forma en que se estructuran las interacciones sociales y reproductivas. En un ecosistema, la diversidad de roles sexuales y de comportamiento puede afectar dinámicas como la depredación, la competencia y la cooperación entre especies. En este contexto, **la representación binaria del sexo y del género constituye solo una de las múltiples estrategias que la naturaleza ha desarrollado**, y no siempre es la más ventajosa en todos los ambientes.

### **Homo sapiens: ¿de naturaleza binaria?**

La idea de que los seres humanos son estrictamente binarios en términos de sexo y género ha sido cuestionada tanto desde la biología como desde las ciencias sociales. Al igual que otras especies, los seres humanos exhiben una amplia diversidad de comportamientos y expresiones. **Aunque diversos factores históricos y culturales han promovido una estructura binaria, tanto la biología como la psicología han mostrado que el género y la sexualidad humanas son fenómenos más complejos y diversos.**

En relación con la **diversidad sexual**, los seres humanos, al igual que muchas especies animales, **presentan distintas orientaciones sexuales**, entre ellas la homosexualidad, la bisexualidad y otras variantes. En la naturaleza, estas conductas no son inusuales y, en muchos casos, cumplen funciones específicas dentro de las dinámicas sociales y reproductivas de las especies.

Respecto a los **roles de género**, diversas culturas humanas a lo largo de la historia han mostrado que estos no siempre han sido tan rígidos como en algunas sociedades contemporáneas. En distintos momentos y contextos culturales, **las expectativas sobre lo que significa ser hombre o mujer han variado considerablemente**, reflejando las condiciones ecológicas, sociales y culturales de cada sociedad. Ejemplos actuales de esta diversidad pueden observarse en distintos ámbitos de la vida social, como el deporte, las artes o la salud.

En conclusión, **la naturaleza muestra que la diversidad sexual y de género puede entenderse como una estrategia evolutiva relevante para la adaptación y la supervivencia.** Debido a su carácter multifactorial, estas expresiones no pueden reducirse a categorías estrictamente binarias. Esta flexibilidad contribuye a la resiliencia de las especies y refleja la complejidad de los estímulos ambientales. De manera similar, en las sociedades humanas, la diversidad de género y de sexualidad también constituye un elemento importante para su funcionamiento y desarrollo.

### **Agradecimientos.**

A las doctoras Juana Elizabeth Reyes Martínez y Luz Urquieta Ramírez por el apoyo prestado a la realización de este manuscrito.



Rojas J.J., Jubiz W. e Isaza C. (2005). Gen SRY y ausencia de tejido testicular en una mujer 47XYY con disgenesia gonadal. *Colombia Médica*, 36(1), 40-43. <http://www.scielo.org.co/pdf/cm/v36n1/v36n1a6.pdf>

Valverde F. (2002). Estructura de la corteza cerebral. Organización intrínseca y análisis comparativo del neocórtex. *Rev Neurol*, 34(8), 758-780. <https://www.studocu.com/pe/>

document/universidad-nacional-mayor-de-san-marcos/facultad-de-medicina/estructura-de-la-corteza-cerebral-organizacion-intrinseca-y-analisis-del-neocortex/12079688

Watve M. (1998). Review of the book *The Red Queen: Sex and the evolution of human nature* by M. Ridley. *Book Review*, 3(1), 79-80. <https://doi.org/10.1007/BF02838647>

# ARTÍCULO DE PORTADA

## Polihidroxialcanoatos: El plástico de las bacterias

Itzel del Carmen Fonseca-Barrera, Patricia Guillermina Mendoza-García  
y Karla Gabriela Álvarez-Villagómez





<https://pixabay.com/es/photos/botellas-botella-de-pl%C3%A1stico-botella-60478/>



### Resumen

La acumulación de plásticos en México y en el mundo provoca graves daños a los ecosistemas y causa la muerte de miles de mamíferos marinos cada año. Ante el fracaso del reciclaje, que apenas alcanza el 9 %, los polihidroxicanoatos (PHA) surgen como una alternativa científica prometedora. Estos biopolímeros, producidos por bacterias, pueden sustituir a los plásticos convencionales en productos de uso cotidiano, como bolsas y utensilios. Este artículo explora la naturaleza de los PHA, sus métodos de obtención y sus aplicaciones industriales actuales, presentándolos como una posible solución sostenible frente a la crisis global de contaminación por plásticos.

**Palabras clave:** Biopolímeros, microplásticos, polihidroxicanoatos.

RECIBIDO: 27/08/2024; ACEPTADO: 14/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

### Polihidroxicanoatos: El plástico de las bacterias

¿Alguna vez te has preguntado qué sucede con el plástico que desechamos? En varios estados de México es común observar plásticos en las calles, ríos y mares; sin embargo, pocas veces reflexionamos sobre el impacto que esto tiene en los ecosistemas y en nuestra salud. Diversos estudios han demostrado la **presencia de microplásticos** —partículas resultantes de la degradación del plástico— **en alimentos que consumimos**, como el pescado e **incluso en la leche materna**. Esto no resulta sorprendente si se considera que **la producción global de plástico supera los 430 millones de toneladas anuales**. Si esta tendencia continúa, se estima que para el 2060 esta cifra podría triplicarse.

La contaminación por plásticos en **México ha provocado que diversas especies marinas se vean afectadas** al ingerir microplásticos, lo que reduce su esperanza de vida. A nivel mundial, **se estima**

que más de cien mil mamíferos marinos mueren cada año debido al consumo de estos materiales. Las áreas turísticas también se han visto afectadas por la acumulación de residuos plásticos. Por ejemplo, en 2022 se extrajeron alrededor de dos mil toneladas de basura del Cañón del Sumidero, una importante atracción turística ubicada en el estado de Chiapas. Este problema provoca que los paisajes naturales se deterioren y se modifiquen negativamente. Aunque el reciclaje se ha promovido como una estrategia para reducir la acumulación de plásticos, la falta de participación por parte de la población ha limitado su efectividad, de modo que solo alrededor del 9 % de los residuos plásticos generados se recicla.

Otra alternativa que se ha propuesto es reducir la producción de plásticos convencionales. Diversos investigadores sugieren el uso de polímeros biodegradables obtenidos a partir de productos agrícolas como la zeína, el almidón, el alginato y el quitosano. Sin embargo, algunas de las propiedades de estos materiales aún limitan su aplicación en la fabricación de ciertos productos. Por ello, en la última década, los polihidroxicanoatos (PHA) han captado la atención de la comunidad cientí-

fica como una alternativa prometedora. Estos biopolímeros, producidos por bacterias, poseen propiedades similares a las de plásticos como el polipropileno, con la ventaja adicional de ser biodegradables tanto por las mismas bacterias que los generan como por otros microorganismos presentes en el medioambiente. Empresas como TianAn Biopolymer (China), Danimer Scientific (Estados Unidos), Bio-on (Italia) y PolyFerm (Canadá) ya producen PHA a escala industrial.

El primer reporte sobre los polihidroxicanoatos (PHA), en particular del polihidroxibutirato (PHB), fue realizado por Lemoigne en 1974, quien logró extraer este polímero utilizando cloroformo como solvente. Desde entonces, se han identificado más de cien monómeros diferentes que pueden formar parte de estas cadenas. El tipo de PHA producido depende tanto de la bacteria que lo sintetiza como del sustrato utilizado. Por esta razón, actualmente se investigan diversos géneros de bacterias capaces de producir este biopolímero. La variación en la composición de las cadenas de PHA permite obtener materiales con propiedades distintas y, por lo tanto, con múltiples aplicaciones. Los PHA se pueden clasificar, según el tamaño de



Una realidad alterna donde los mamíferos marinos hablan. Imagen diseñada en Canva.



Acumulación de PHA en una bacteria. Imagen diseñada en Canva.

su cadena, en PHA de cadena corta y PHA de cadena media. Asimismo, el nombre del polímero varía en función del radical que sustituye la cadena principal: por ejemplo, si el radical es un metilo, el polímero se denomina polihidroxibutirato; si es un propilo, se denomina polihidroxivalerato.

Los PHA pueden emplearse en la fabricación de una amplia variedad de productos, como guantes, bolsas de basura y utensilios de cocina. En México existe un creciente interés por invertir en la producción de estos biopolímeros, con iniciativas como la colaboración entre Innova Imagen® y Bio-on®, que plantea establecer una planta de producción en el país. **Sustituir los plásticos convencionales por PHA podría representar un paso importante hacia la reducción de la acumulación de residuos plásticos en el medioambiente.** Sin duda, los polihidroxicanoatos se perfilan como uno de los materiales con mayor potencial para el desarrollo de los plásticos del futuro.

### ¿Qué es un PHA?

Los polihidroxicanoatos (PHA) son poliésteres sintetizados por bacterias —también conocidos como biopolímeros— mediante enzimas que

ensamblan los monómeros de PHA en largas cadenas. Dependiendo de la longitud de estas cadenas, los PHA pueden clasificarse en PHA de cadena corta (2–5 carbonos) y PHA de cadena media (6–14 carbonos). Algunas bacterias tienen la capacidad de almacenar hasta un 90 % de su peso seco en forma de PHA, ¡una bacteria bastante amplia!, ¿no crees?

No obstante, esta acumulación ocurre principalmente cuando existe un exceso de fuente de carbono y, al mismo tiempo, una limitación de algún otro nutriente en el medio de cultivo. Podemos imaginar un medio de cultivo como un pequeño ecosistema donde las bacterias encuentran todo lo necesario para crecer y reproducirse: alimento, agua, oxígeno y condiciones adecuadas para su desarrollo; es lo que llamamos un medio de crecimiento óptimo. Sin embargo, aunque en estas condiciones las bacterias pueden producir PHA, lo hacen en cantidades relativamente bajas.

Ahora, ¿qué ocurre cuando les falta algún elemento esencial? Supongamos que este elemento es el dinero. Al igual que las personas necesitan este recurso para cubrir sus necesidades básicas, las bacterias requieren nutrientes para crecer

y reproducirse. Cuando estos nutrientes se vuelven limitados, **la bacteria siente ansiedad** y se cuestiona si es prudente reproducirse, **ya que no tiene los recursos suficientes**. Así que, en lugar de destinar su energía a la reproducción, **las bacterias comienzan a almacenar reservas energéticas, entre ellas los PHA**.

A este tipo de condiciones se le conoce como «**medio modificado para la producción de PHA**». En él se busca generar un cierto grado de **estrés nutricional** que reduzca el crecimiento celular y **favorezca la acumulación de biopolímeros**, permitiendo que las bacterias almacenen mayores cantidades de PHA que las que producirían en un entorno con todos los nutrientes disponibles.

**¿Cómo se obtiene este biopolímero de las bacterias?**

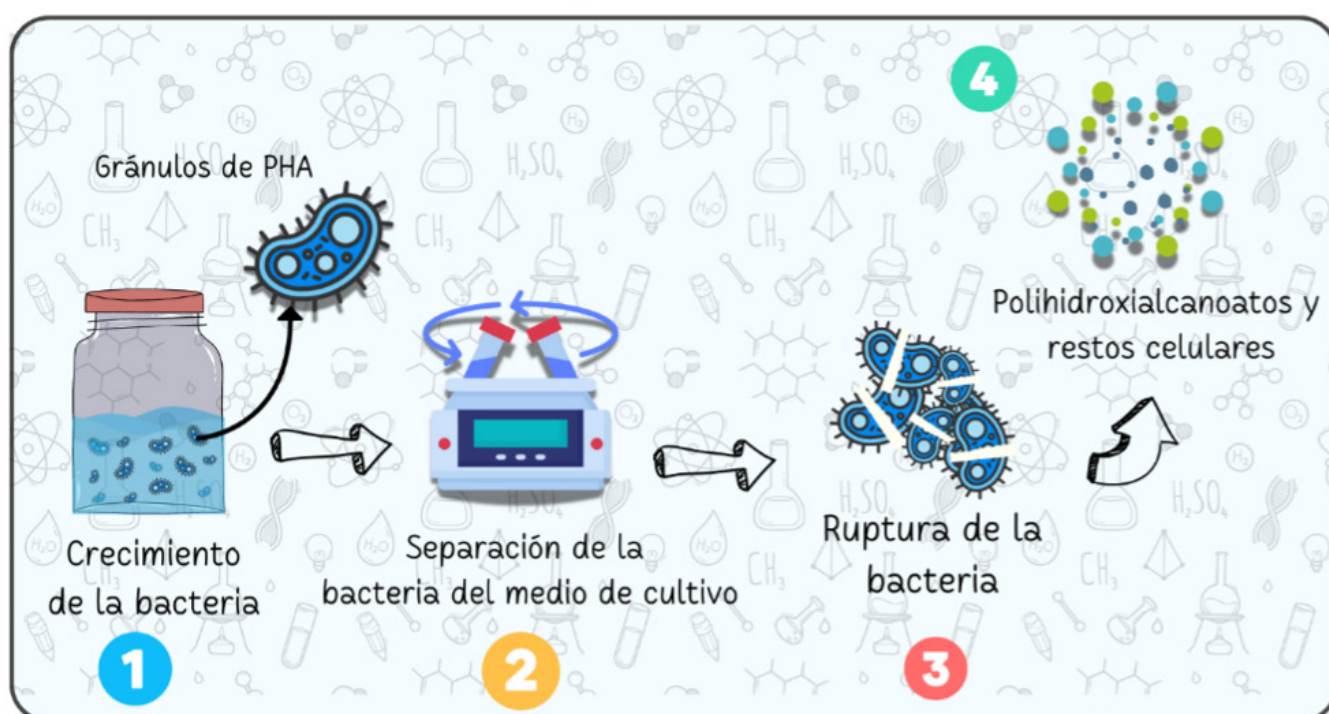
Como se mencionó en el primer apartado, el aspecto inicial que debe considerarse es el **medio de cultivo en el que crecerán las bacterias**. La segunda etapa consiste en **determinar el momento adecuado para extraer el biopolímero**. Para comprenderlo mejor, podemos imaginar que una bacteria es

comparable a una persona. Durante las primeras etapas de la vida, la mayor parte de la energía que obtenemos de los alimentos se utiliza para crecer y desarrollarnos; por ello, aunque se consuma una gran cantidad de alimento, es difícil aumentar de peso. Algo similar ocurre con las bacterias durante su fase de crecimiento: toda la energía disponible se destina a sus procesos metabólicos.

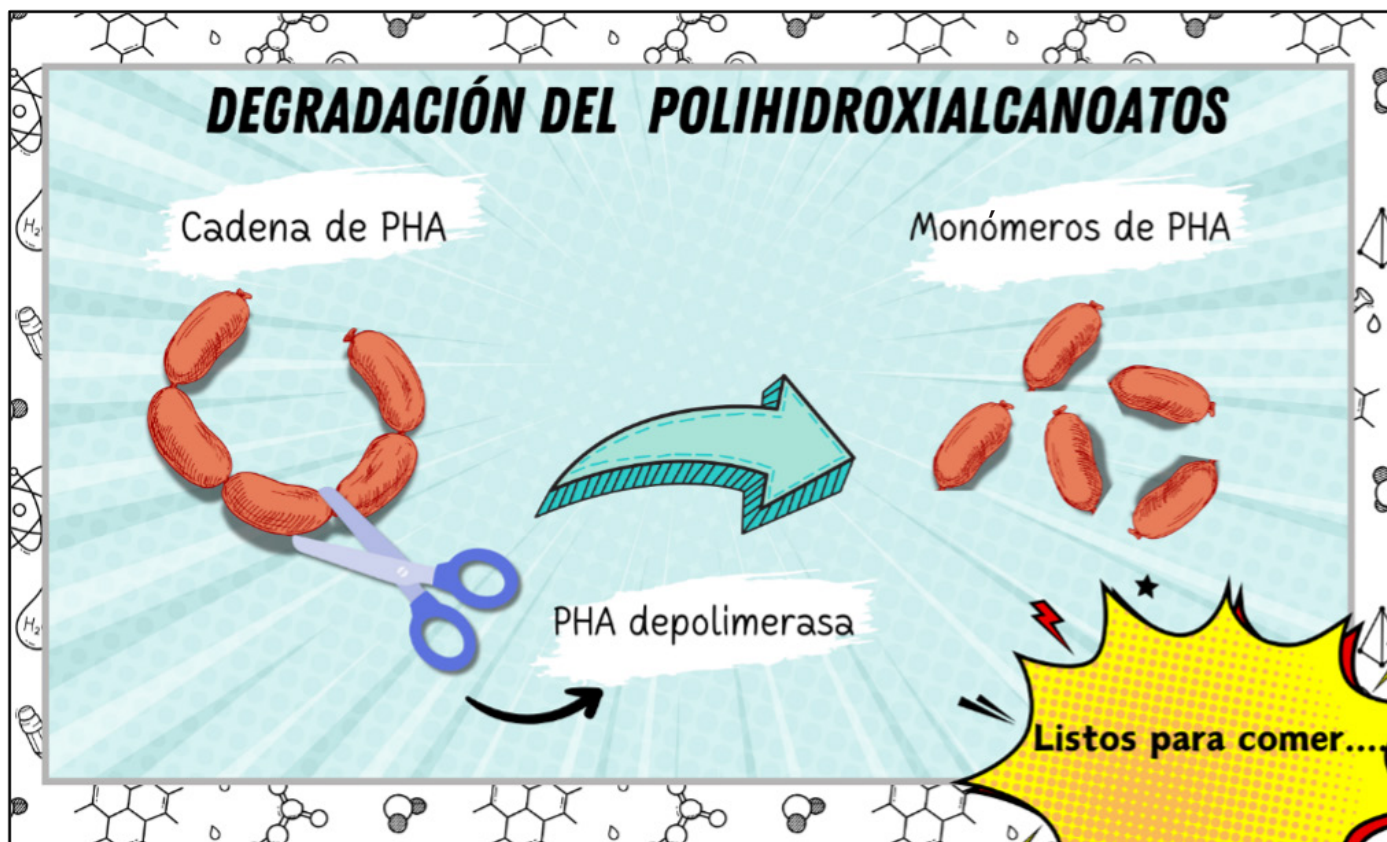
Sin embargo, cuando las bacterias alcanzan la **fase estacionaria** —que podría compararse con la etapa adulta— y disponen de más nutrientes de los que necesitan para mantener sus funciones básicas, **comienzan a almacenar esa energía adicional en forma de PHA**. En este sentido, el PHA puede entenderse como la «grasa» de las bacterias —comparable a la grasa en los organismos animales—, **que pueden utilizar cuando los nutrientes se vuelven escasos**.

En el proceso de obtención de PHA es **importante evitar que las bacterias comiencen a consumir esta reserva, ya que ello reduciría la cantidad de biopolímero disponible**. Por esta razón, la extracción suele realizarse durante la fase estacionaria, cuando la acumulación de PHA es mayor. Una

## Obtención de polihidroxicanoatos



Proceso general para la obtención de PHA a partir de bacterias. Imagen diseñada en Canva.



Metáfora de la degradación de PHA. Imagen diseñada en Canva.

vez identificado el momento óptimo, se separa a **las bacterias del medio de cultivo mediante centrifugación**. Este procedimiento puede compararse con el lavado de la ropa: primero se elimina el agua sucia con detergente, luego se enjuaga con agua limpia y, finalmente, se centrifuga para obtener la ropa seca y libre de impurezas. De manera similar, la centrifugación permite separar las bacterias del líquido del cultivo, dejándolas listas para las etapas posteriores del proceso.

Después de «lavar» las bacterias, **es necesario romperlas para liberar el PHA** que se encuentra en su interior. Existen diversos métodos para lisar las bacterias, como el **uso de enzimas** —que actúan como tijeras capaces de cortar las células—, la sonicación (que emplea ondas sonoras) o el **uso de solventes**. El objetivo de este proceso es liberar el biopolímero para que posteriormente pueda emplearse en la fabricación de diversos productos.

#### ¿En dónde se encuentran estas bacterias?

Aunque pueda parecer sorprendente, estas «superbacterias» productoras de PHA no son difíciles de encontrar. Se han aislado en diversos entor-

nos, como **suelos, ríos, lagos, ambientes marinos e incluso en vertederos de basura**. En general, los investigadores buscan bacterias capaces de acumular grandes cantidades de PHA y que, además, utilicen fuentes de energía económicas, como cáscaras de naranja o desechos agroindustriales. ¿Recuerdas que mencionamos a Bio-on® e Innova Imagen®? Estas empresas están interesadas en utilizar **residuos de agave como fuente de energía para la producción de PHA**. De esta manera, las bacterias no solo son capaces de producir un biopolímero, sino que también pueden contribuir al aprovechamiento de residuos.

Otro dato interesante es que **se han identificado bacterias capaces de degradar PET** (tereftalato de polietileno), otro polímero plástico del grupo de los poliésteres, y al mismo tiempo producir PHA. ¡Sorprendente, ¿no?

Entre las bacterias más estudiadas para la producción de PHA se encuentran *Cupriavidus necator*, *Bacillus megaterium* y *Pseudomonas putida*, esta última con la capacidad de producir biopolímeros de cadena media. Además de estas bacterias presentes en el ambiente, **también se**

han desarrollado modificaciones genéticas. En estos casos, se insertan genes responsables de la síntesis de PHA en *Escherichia coli*, una bacteria con bajos requerimientos nutricionales que, al no estar naturalmente adaptada a las condiciones de acumulación de PHA, resulta más fácil de lisar, lo que facilita la obtención del polímero. Estas investigaciones buscan optimizar el proceso de producción de PHA y reducir sus costos, con la expectativa de que en el futuro puedan competir de manera más efectiva con los plásticos derivados del petróleo.

### ¿Qué pasa con el PHA una vez que es utilizado?

A diferencia de los plásticos convencionales, que pueden tardar años en degradarse y se acumu-

lan en el ambiente en forma de microplásticos, los PHA pueden ser degradados por las mismas bacterias que los producen. Esto se debe a que estos microorganismos poseen enzimas capaces de descomponer el biopolímero, fragmentándolo en moléculas más pequeñas.

Cuando la bacteria necesita utilizar el PHA, entra en acción una enzima llamada PHA depolimerasa, que degrada el biopolímero para que pueda emplearse como fuente de energía. Para comprenderlo mejor, podemos imaginar el PHA como una larga tira de chorizo que, para poder consumirse, debe cortarse en porciones pequeñas. En este caso, la enzima PHA depolimerasa actúa como la herramienta encargada de realizar esos



cortes, dividiendo la cadena en fragmentos más pequeños que la bacteria puede aprovechar para obtener energía.

El tiempo de degradación del PHA puede variar; no obstante, diversos estudios sobre la descomposición de láminas de este material han mostrado que **pueden degradarse aproximadamente en siete semanas**, dependiendo de factores como la humedad y la temperatura. Esta característica contribuye a evitar que los residuos de PHA se acumulen en el ambiente o generen impactos negativos en los ecosistemas.

### ¿En qué pueden ser utilizados los PHA?

Como se ha mencionado, existen distintos tipos de PHA, cada uno con propiedades y aplicaciones específicas. Según PHAbuilder®, sus PHA **pueden utilizarse en los ámbitos médico y farmacéutico**, por ejemplo, en la fabricación de válvulas cardíacas artificiales, cartílagos, entre otros. Por su parte, la empresa Danimer Scientific® señala que entre las aplicaciones de estos biopolímeros se encuentran la **producción de tazas, botes, bolsas de compras, platos y juguetes**. Asimismo, la empresa canadiense PolyFerm® indica que los PHA pueden emplearse **en la fabricación de fibras textiles, pinturas y suturas absorbibles, entre otros productos**. Como puede observarse, las distintas composiciones de los PHA les confieren una gran versatilidad. Si los avances en este campo continúan y se incrementan las inversiones en la

industria, no sería sorprendente comenzar a ver platos, bolsas e incluso prendas de vestir fabricadas con este «superplástico».

El desarrollo y la producción de PHA han representado un importante desafío para la comunidad científica; sin embargo, **los avances logrados hasta ahora abren amplias posibilidades para el futuro**. Aunque ya se ha conseguido producir este biopolímero a escala industrial, aún existen retos que deben superarse para que los PHA se consoliden como una alternativa predominante frente a los plásticos convencionales derivados del petróleo. Aun así, su potencial es indiscutible.

Los PHA no solo ofrecen una solución biodegradable que podría reducir significativamente la acumulación de residuos plásticos en el medioambiente, sino que también **presentan aplicaciones en sectores tan diversos como la medicina, la agricultura, el embalaje y la industria textil**. Con una mayor inversión en investigación y desarrollo, es probable que se amplíen las aplicaciones de este material, al tiempo que se mejoran sus propiedades mecánicas y se optimizan los procesos de producción para reducir costos.





**Itzel del Carmen Fonseca-Barre-ra.** es estudiante del doctorado en alimentos en la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA), donde tam-

bién obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Es ingeniera en Alimentos por la Universidad Veracruzana. Su investigación se enfoca en el desarrollo de películas bioactivas, agentes antimicrobianos, así como en sistemas de liberación controlada. Actualmente se enfoca en la extracción de polihidroxicanoatos a partir de bacterias. Le apasiona la investigación enfocada a resolver problemas industriales, ha publicado en revistas científicas indexadas de alcance nacional e internacional y participado en diversos congresos.

***itzel.fonseca1201@gmail.com***

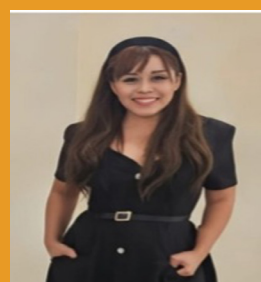


**Dra. Patricia G. Mendoza García** es Química Farmacéutica Bióloga, con Maestría y Doctorado en Ciencias de los Alimentos. Integrante

del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), Nivel 1, y cuenta con Perfil Deseable Prodep. Su investigación se

enfoca en antimicrobianos naturales y empaques activos con matrices biodegradables. Ha trabajado en el aislamiento de bacterias ácido-lácticas productoras de bacteriocinas con actividad contra patógenos de importancia en inocuidad alimentaria y en hidrolasas de peptidoglucano activas frente a bacterias ESKAPE. Estudia la producción de polihidroxicanoatos e investiga sobre la actividad antimicrobiana, antiparasitaria y anticancerígena de bacterias marinas en colaboración con la Universidad Veracruzana.

***patricia.mg@veracruz.tecnm.mx***



**Karla Gabriela Álvarez-Villagómez.**

es una científica multidisciplinaria apasionada de los microorganismos. Es Licenciada en Biología Marina, Maestra en Inge-

iería Bioquímica y Doctora en Ciencias en Alimentos. Su formación incluye estancias de investigación en España y México, especializándose en microbiología, metabolómica y procesos de fermentación. Más allá del laboratorio, posee vocación por la enseñanza. Para ella, la docencia es uno de los canales para transmitir conocimiento e inspirar a nuevas generaciones. Actualmente, su trabajo posdoctoral se centra en enzibióticos producidos por bacterias, con el fin de desarrollar alternativas innovadoras al uso de antibióticos.

***gabriella.villagomez@gmail.com***



Dale la Cara, A.C. (2019, 11 de noviembre). La contaminación plástica y los efectos en el Atoyac y demás cuerpos de agua. Mares limpios. *Resiliente Magazine*. <https://resilientmagazine.com/la-contaminacion-plastica-y-los-efectos-en-el-atoyac-y-demas-cuerpos-de-agua-mares-limpios/>

Padilla-Vasquez D. (2024, Mayo 1). Protect Our Planet from Plastic Pollution: 5 Things to Know. *Climate, En-*

*ergy, and Environment*. <https://unfoundation.org/blog/category/climate-energy-environment/>

Serrano-Riaño J.Y. (2010). Polihidroxicanoatos (PHAs): Biopolímeros producidos por microorganismos: Una solución frente a la contaminación del medioambiente. *Teoría y praxis investigativa*, 5(2), 79-84. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3702404>

# ARTÍCULO

## Flúor y arsénico en el agua: El enemigo invisible de tu salud

Claudia Ivette Gamboa-Gómez y Cynthia Paola Castillo-López



<https://pixabay.com/es/photos/botella-agua-mineral-vidrio-verter-2032980/>

**Claudia Ivette Gamboa-Gómez.** Investigadora titular, Unidad de Investigación Biomédica del Instituto Mexicano del Seguro Social. Durango, México.  
[clau140382@hotmail.com](mailto:clau140382@hotmail.com)

**Cynthia Paola Castillo-López.** Estudiante de medicina, Unidad de Investigación Biomédica del Instituto Mexicano del Seguro Social. Durango, México.  
[cpaolacl@gmail.com](mailto:cpaolacl@gmail.com)

### Resumen

El arsénico y el flúor son contaminantes ambientales presentes en el agua, los suelos y los alimentos, derivados tanto de actividades industriales y agrícolas como de procesos naturales. El arsénico destaca por su elevada toxicidad y su carácter carcinogénico, ya que se ha asociado con cáncer de piel, vejiga y pulmón, además de alteraciones cardiovasculares y neurológicas. Por su parte, el flúor, cuando se encuentra en concentraciones excesivas, puede provocar fluorosis dental y esquelética, así como afectar la salud ósea, dental y reproductiva. La exposición conjunta a estos contaminantes puede potenciar sus efectos nocivos, comprometer el desarrollo cognitivo y aumentar el riesgo de enfermedades crónicas. En México, la exposición crónica a estas sustancias representa un importante desafío para la salud pública, lo que hace necesario fortalecer el control regulatorio, mejorar los sistemas de tratamiento del agua y promover estrategias preventivas a nivel comunitario.

**Palabras clave:** Agua, arsénico, flúor, prevención.

RECIBIDO: 10/07/2024; ACEPTADO: 13/03/2025; PUBLICADO: 30/04/2026

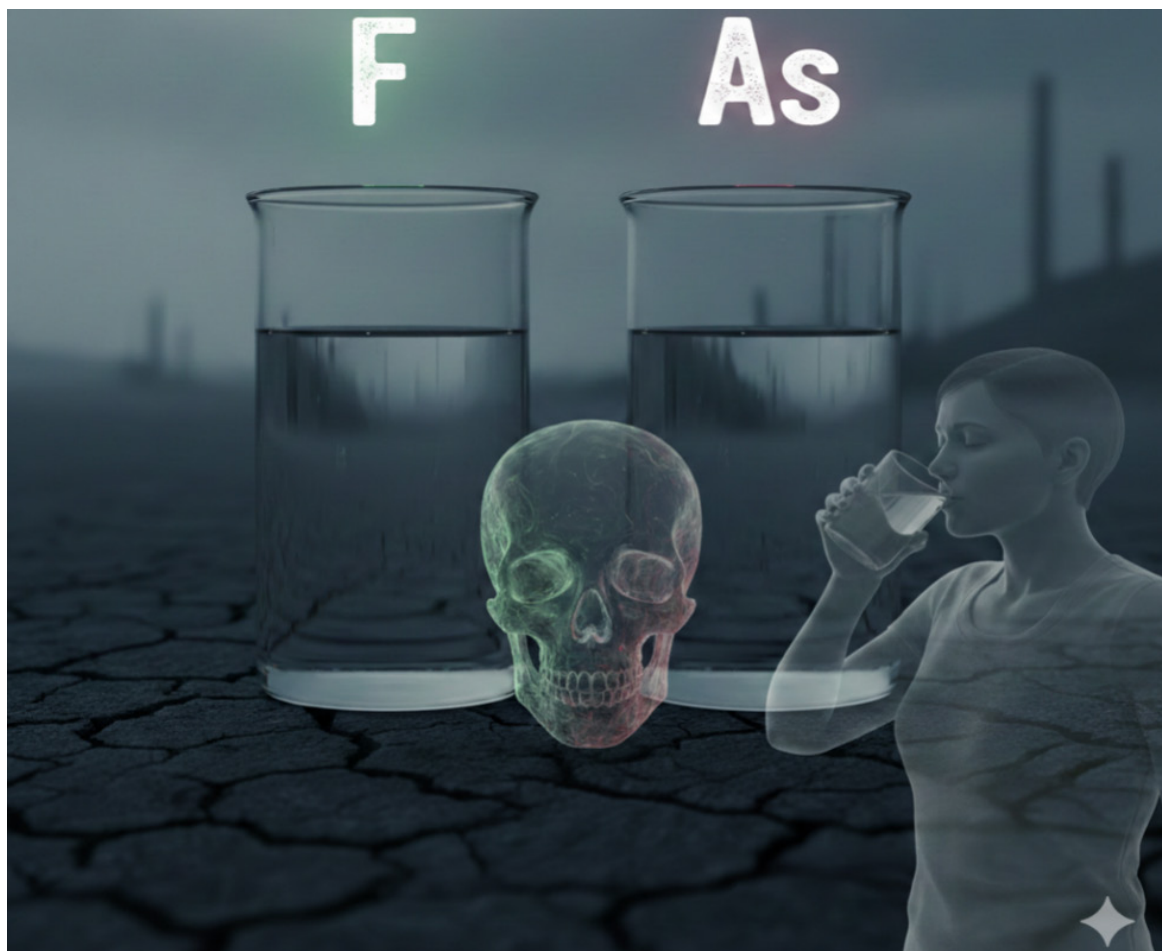


Imagen creada por IA. Gemini.google.com

### Arsénico

**E**l arsénico (As) es un metaloide ampliamente distribuido en el ambiente, **presente en el aire, el agua y el suelo**, y constituye aproximadamente el 0.0005 % de la corteza terrestre. Aunque una parte del arsénico proviene de procesos naturales, como la erosión de rocas y las erupciones volcánicas, **una proporción importante es resultado de actividades humanas**, entre ellas la minería, la fundición de metales y el uso de pesticidas y conservantes de madera. En la naturaleza, el arsénico se encuentra principalmente en dos formas inorgánicas: arsenito (AsIII) y arsenato (AsV). Estos compuestos se eliminan del organismo humano principalmente a través de la orina y suelen utilizarse como biomarcadores de exposición al arsénico. **El AsV es la forma más frecuente en el ambiente**, presente en agua, suelos, plantas, algas y animales, mientras que el **AsIII**, aunque menos común, **se considera más tóxico**.

El As es conocido como un **agente carcinogénico** importante, particularmente asociado con el cáncer de piel, y también **puede provocar daños en órganos como los riñones, el hígado, la vejiga y los pulmones**. Además, se ha observado que afecta la reproducción masculina al interferir con la

producción de esperma y reducir los niveles de testosterona y de enzimas testiculares. Los efectos del As en el organismo humano también se relacionan con **alteraciones en el hipotálamo y en el cerebro**, lo que puede generar desregulación hormonal y **disminuir la producción de espermatozoides**. Algunos estudios han demostrado que niveles elevados de arsénico se asocian con una **mayor probabilidad de presentar concentraciones bajas de hormona luteinizante (LH)**, incluso después de ajustar variables como la edad, el índice de masa corporal (IMC) y el tabaquismo.

Las principales **vías de exposición** al As en la población incluyen el **consumo de agua y alimentos contaminados**. Asimismo, este elemento puede liberarse al aire durante la quema de carbón y estar presente en determinados entornos laborales, como fundiciones de vidrio, industrias de semiconductores, así como en actividades relacionadas con plaguicidas y conservantes de madera.

En relación con el agua, especialmente la subterránea, se han registrado concentraciones de As que pueden alcanzar hasta 1 mg/L. Los problemas más graves asociados con la presencia de As en el agua se han documentado en países como Argentina, Canadá, Chile, Hungría, Italia, México, Pakistán

y Vietnam. Sin embargo, regiones como India, Bangladesh, China y Taiwán enfrentan desafíos aún mayores debido a la contaminación por este elemento.

En **México**, particularmente en la región centro-norte del país, la contaminación por As ha sido un problema persistente debido a su amplia distribución geográfica y al gran número de personas afectadas. Esta situación representa una preocupación relevante para la salud pública, especialmente en estados como Durango, Coahuila, Zacatecas, Morelos, Aguascalientes, Chihuahua, Puebla, Nuevo León, Guanajuato, San Luis Potosí y Sonora, donde los niveles de As en el agua superan los límites establecidos por la normativa mexicana (0.025 mg/L). **Se estima que alrededor de 450 000 personas están expuestas a estas condiciones**, lo que puede provocar envenenamiento crónico por As y afectar tanto a los humanos como a los animales.

### Flúor

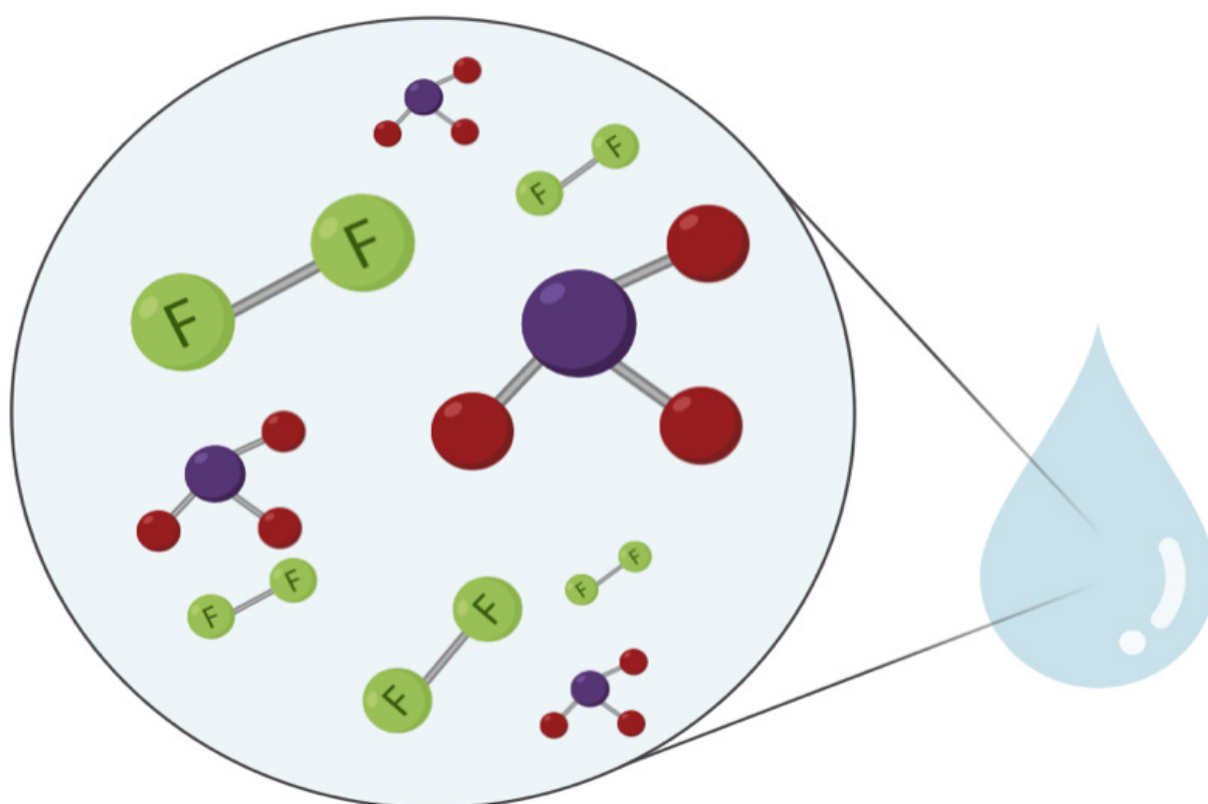
El **flúor** (F) es un elemento químico altamente reactivo que **en la naturaleza se encuentra** principalmente **en forma de ion fluoruro (F<sup>-</sup>)**. La principal fuente de consumo diario de F<sup>-</sup> proviene del agua potable, especialmente del agua subterránea.

Además, puede encontrarse en alimentos como la cebada, el arroz, el taro, el ñame y la yuca, así como en emisiones industriales, mariscos, té, pasta dental y algunos pesticidas.

En **pequeñas cantidades**, el F<sup>-</sup> resulta **beneficioso para el desarrollo y la salud de los dientes y los huesos**. Sin embargo, una **ingesta excesiva** puede provocar **efectos adversos en diversos tejidos y órganos**, incluidos los huesos, los dientes, el hígado, los riñones, los intestinos y los órganos reproductores masculinos. El F<sup>-</sup> ingerido se absorbe fácilmente en el organismo y **puede afectar negativamente a los espermatozoides** al interferir con procesos esenciales para su funcionamiento. Asimismo, se ha observado que puede alterar la producción de hormonas sexuales, como la testosterona y el estradiol.

El consumo excesivo de F<sup>-</sup> también **puede reducir el tamaño de los túbulos en los testículos**, provocando desorganización en las células responsables de la reproducción. Esta alteración puede afectar la maduración y diferenciación de las células espermáticas, así como la producción de hormonas sexuales.

En México, la concentración de F<sup>-</sup> en el agua subterránea varía considerablemente, desde 0.001 mg/L hasta 25 mg/L. La **Organización Mundial**



Exceso de arsénico y flúor en el agua potable.

## CONSUMO DE AGUA POTABLE CON EXCESO DE FLÚOR



Órganos dañados por el consumo crónico de agua con exceso de flúor.

de la Salud (OMS) recomienda que el **nivel máximo de F<sup>-</sup> en el agua potable sea de 1.2 mg/L**. Las concentraciones más elevadas se encuentran principalmente en los estados del centro, norte, noroeste y parte del noreste del país, donde muchas personas presentan fluorosis dental y esquelética como consecuencia de la elevada presencia de F<sup>-</sup> en el agua.

### Exposición al As y al F<sup>-</sup>

La **exposición crónica al As y al F<sup>-</sup>** puede originarse a partir de diversas fuentes ambientales y representar un **riesgo significativo para la salud humana**. Estos contaminantes suelen encontrarse simultáneamente en el ambiente y pueden ingresar al organismo por múltiples vías de exposición. Por ejemplo, el As está frecuentemente presente en agua potable contaminada debido a descargas industriales, prácticas agrícolas y procesos geológicos naturales. Por su parte, el F<sup>-</sup> puede incorporarse al agua a partir de depósitos minerales naturales o como resultado de actividades humanas, como la minería y ciertos procesos industriales.

Ambos contaminantes **pueden acumularse en el organismo a través del consumo de agua y alimentos cultivados en suelos contaminados**. Asimismo, **pueden ser inhalados** cuando se encuentran suspendidos en el aire, por ejemplo, **durante la quema de carbón o en procesos industriales** relacionados con la fabricación de productos químicos. La exposición simultánea a As y F<sup>-</sup> incre-

menta el riesgo de efectos adversos para la salud, ya que puede afectar diversos sistemas y órganos del cuerpo humano.

Los **primeros signos** de exposición prolongada a niveles elevados de As inorgánico **suelen manifestarse en la piel**. Entre estos síntomas se encuentran alteraciones en la pigmentación, lesiones cutáneas y el engrosamiento y endurecimiento de las palmas de las manos y las plantas de los pies. Estos efectos **pueden aparecer tras varios años de exposición continua**, generalmente después de aproximadamente cinco años, y pueden representar señales tempranas de un mayor riesgo de desarrollar cáncer de piel.

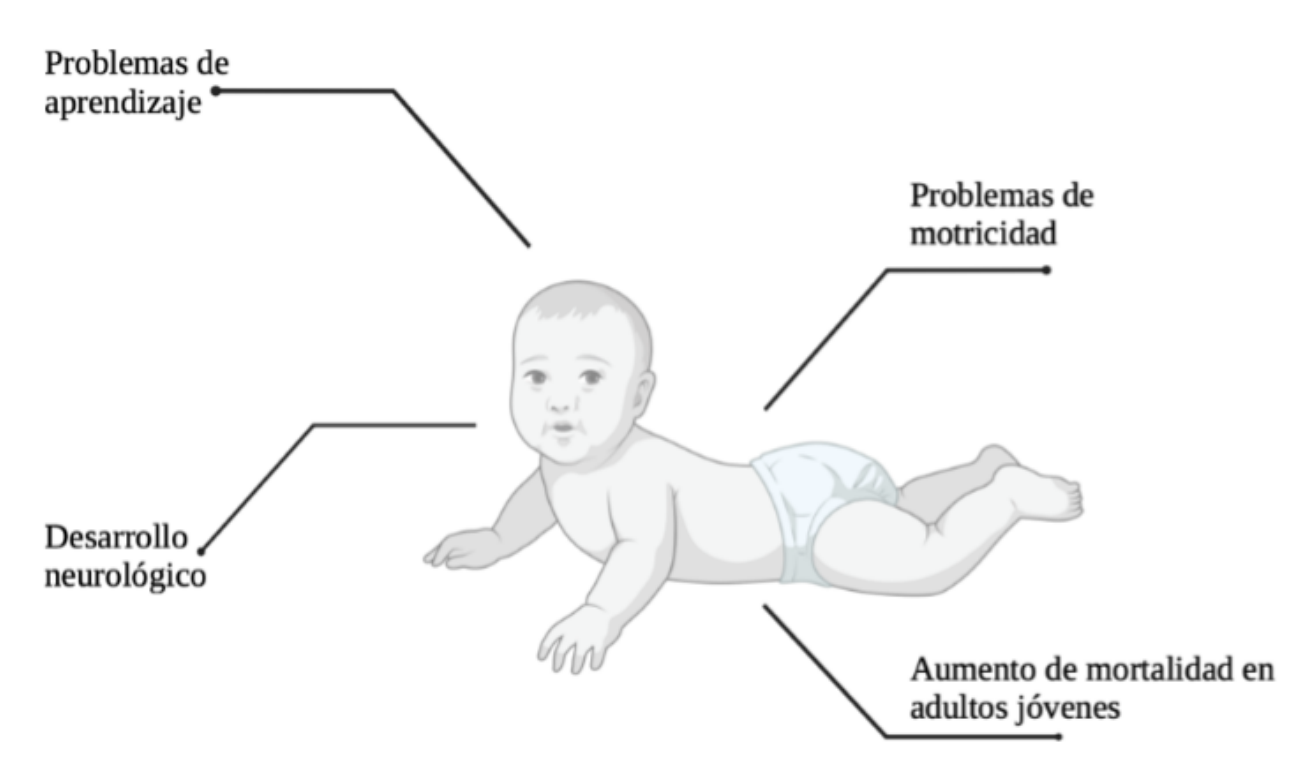
En los **niños**, la exposición crónica a este contaminante **puede interferir con el desarrollo neurológico y cognitivo**, afectando procesos como la actividad motora y el aprendizaje. Asimismo, se ha asociado con resultados adversos durante el embarazo y con un **aumento en las tasas de mortalidad infantil**, lo que puede tener repercusiones en la salud a lo largo de la vida.

La **exposición durante el periodo prenatal y en la primera infancia** también se ha relacionado con un **mayor riesgo de mortalidad en adultos jóvenes**, debido a enfermedades como distintos tipos de cáncer, afecciones pulmonares, ataques cardíacos e insuficiencia renal. Diversos estudios han documentado además efectos negativos del As sobre el desarrollo cognitivo, incluyendo **disminución en la inteligencia y la memoria**.

Además, ambos elementos han sido asociados con **efectos perjudiciales en el sistema reproductivo masculino**; sin embargo, aún se requiere mayor investigación para comprender plenamente los efectos de su exposición conjunta sobre la calidad del semen en hombres en edad reproductiva.

En **México**, donde las concentraciones de As y F<sup>-</sup> en el agua potable con frecuencia superan los límites recomendados, este problema representa un **importante desafío para la salud pública**. Para mitigar estos riesgos, es **fundamental implementar estrategias eficaces de monitoreo y control de la calidad del agua**, así como fortalecer la infraestructura destinada a su tratamiento.

Asimismo, **promover el uso de filtros domésticos adecuados** y educar a la población sobre los riesgos asociados con el consumo de agua contaminada son medidas clave para reducir la exposición a estos contaminantes. De igual manera, es necesario **establecer y reforzar políticas regulatorias** que limiten las fuentes industriales y agrícolas de contaminación por As y F<sup>-</sup>, además de fomentar la investigación continua que permita comprender mejor sus efectos y desarrollar estrategias preventivas más eficaces.



Efectos de exposición prenatal y durante la infancia temprana.



Abernathy C.O., Liu Y.P., Longfellow D., Aposhian H.V., Beck B., Fowler B., Goyer R., Menzer R., Rossman T., Thompson C. y Waalkes M. (1999). Arsenic: health effects, mechanisms of actions, and research issues. *Environmental health perspectives*, 107(7), 593-597. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107593>

Alarcón-Herrera M.T., Martín-Domínguez A. y Martín-Domínguez I.R. (2013), *Flúor y arsénico en agua de consumo humano: retos y perspectivas*. López-Car-

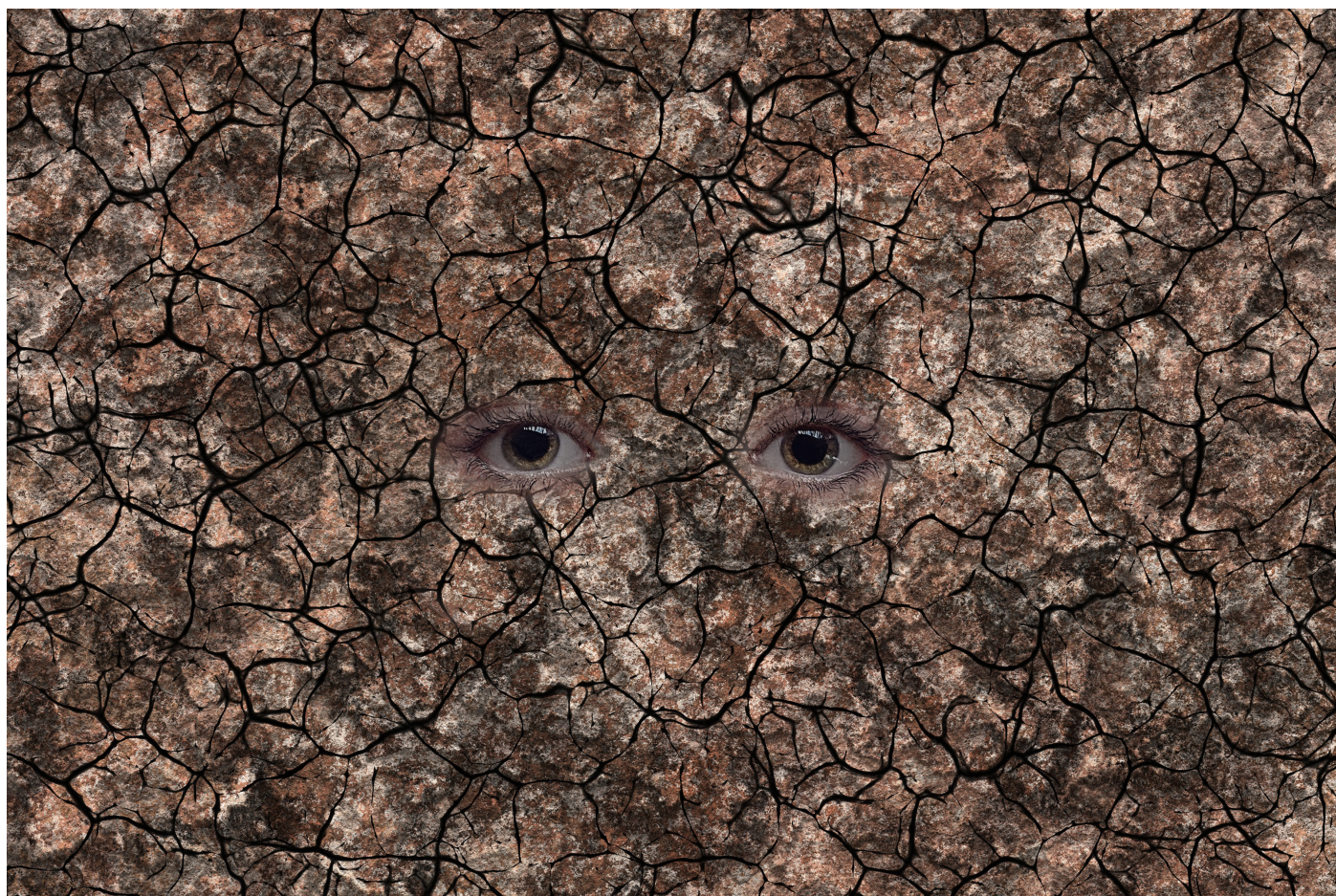
asco M., Ed., RETAC. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Chihuahua. 94 p. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1055/1/Libro%20ISBN-FLÚOR%20Y%20ARSÉNICO%20EN%20AGUA%20DE%20CONSUMO%20HUMANO%20C%20RETOS%20Y%20PERSPECTIVAS.pdf>

OMS. (2022, 7 de diciembre). *Arsénico*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

# ARTÍCULO

## Ecoansiedad: ¿Qué es y cómo afrontarla?

Juan Alberto Gran-Castro



<https://pixabay.com/es/illustrations/ojos-grietas-sequ%C3%ada-seco-6511445/>

### Resumen

La ecoansiedad es un fenómeno emergente que refleja la profunda preocupación por el futuro del planeta frente a la crisis climática. Este estado emocional se manifiesta como un temor persistente ante el deterioro ambiental y puede afectar la salud mental de muchas personas. En este artículo se exploran las causas y los impactos de la ecoansiedad y, al mismo tiempo, se presentan algunas estrategias para afrontarla. Asimismo, se destaca la importancia del apoyo comunitario y de transformar la preocupación en una fuerza que motive la acción y el compromiso con el cambio y el cuidado del medioambiente.

**Palabras clave:** Ansiedad, cambio climático, salud mental.

**Juan Alberto Gran Castro.** Profesor del Departamento de Ciencias Sociales y Jurídicas, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.  
[juan.gran@cucea.udg.mx](mailto:juan.gran@cucea.udg.mx)

RECIBIDO: 26/08/2024; ACEPTADO: 14/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

### ¿Qué es la ecoansiedad?

Imagina despertarte cada mañana con una sensación de inquietud, como si algo anduviera mal, pero no pudieras precisar exactamente qué es. Tal vez estés experimentando lo que muchas personas en todo el mundo ya sienten: **ecoansiedad**. Este término, aunque relativamente reciente, **describe la creciente preocupación por el futuro del planeta**.

La ecoansiedad es más que un simple temor al cambio climático o a otros problemas ambientales; **representa una manifestación profunda de nuestra conexión con la naturaleza**. Es como si todos lleváramos una pequeña brújula interna y cada noticia sobre glaciares que se derriten, incendios forestales o especies en peligro la hiciera girar sin control. Sin embargo, no todo es desesperanza. Esta ansiedad también **puede convertirse en un poderoso motor para el cambio**, inspirándonos a actuar, a organizarnos con otros y a trabajar colectivamente por un futuro más sostenible. En este artículo exploraremos qué es la ecoansiedad, cómo nos afecta y, sobre todo, cómo podemos transformarla en una fuerza positiva para el cambio.

### Cambio climático y salud mental

El **cambio climático** se ha convertido en **una de las preocupaciones más urgentes** de nuestra

era. La Organización de las Naciones Unidas (2021) define el cambio climático como una modificación del clima causada directa o indirectamente por la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Por su parte, la Organización Meteorológica Mundial (2021) señala que, **como consecuencia de este fenómeno, se ha observado un aumento global en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos**, como olas de calor, inundaciones, sequías y ciclones tropicales.

También se ha registrado el derretimiento de hielos y glaciares, lo que contribuye **al aumento del nivel del mar**. Los ecosistemas se ven afectados por la **alteración de los hábitats naturales y la pérdida de biodiversidad**. Asimismo, se observan **efectos adversos en la salud humana**, como un incremento en enfermedades respiratorias asociado con la contaminación del aire y un mayor riesgo de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue y la malaria.

El artista **Alexis Rockman**, por ejemplo, explora estos escenarios **en su exposición *The Great Lakes Cycle***. En esta serie de pinturas, utiliza un enfoque narrativo que combina elementos de la historia natural con visiones distópicas **para represen-**



<https://pixabay.com/es/illustrations/ai-generado-planta-tierra-8989041/>



Imagen generada por IA. Gemini.google.com

tar las posibles consecuencias a largo plazo de la intervención humana en los ecosistemas. Sus obras funcionan como un recordatorio visual de los futuros desafíos que podríamos enfrentar si no se toman medidas para mitigar el cambio climático.

Este tipo de escenarios futuros asociados al cambio climático han comenzado a generar sentimientos de preocupación en un gran número de personas. De hecho, **existe un consenso creciente en que el cambio climático puede afectar la salud mental** de manera significativa y diversa. Estos impactos **pueden ser directos**, como los que ocurren tras la exposición a un evento climático extremo o durante periodos prolongados de altas temperaturas; **o indirectos**, derivados de consecuencias como la desnutrición, la pérdida de medios de vida o el desplazamiento de comunidades.

Asimismo, se han identificado efectos en la salud mental asociados con la llamada «**exposición vicaria**», que **ocurre cuando las personas experimentan angustia psicológica al observar los efectos del cambio climático en otras personas o al informarse constantemente sobre estos acontecimientos**. La exposición continua a noticias e imágenes sobre desastres ambientales puede generar sentimientos de tristeza, impotencia o preocupación persistente.

A partir de lo anterior, ha surgido el concepto de **ecoansiedad**, desarrollado para estudiar las respuestas emocionales y psicológicas rela-

cionadas con el deterioro del medioambiente y las consecuencias del cambio climático. En el siguiente apartado se profundizará en este término.

#### **Ecoansiedad: Un estado de preocupación frente al cambio climático**

La Asociación Americana de Psicología (APA) define la **ecoansiedad** como un **miedo crónico a una catástrofe ambiental**. Este concepto también puede describirse como un estado de preocupación intensa y persistente que engloba diversas emociones y estados mentales derivados tanto de las condiciones ambientales adversas como del conocimiento de estas.

El término ecoansiedad ha impulsado el **desarrollo de investigaciones orientadas a comprender los procesos de duelo relacionados con las pérdidas y transformaciones ambientales**, así como las distintas emociones que surgen al experimentar, de forma directa o indirecta, las consecuencias de la crisis climática. En 2021 se aplicó una **encuesta global a jóvenes de entre 16 y 25 años**, en la que el 75 % de los participantes expresó que considera que **el cambio climático hace que el futuro resulte aterrador**. El estudio también reveló que solo el 3 % de los encuestados en países de ingresos bajos y medianos recibe tratamiento adecuado para enfrentar esta situación.

Los autores señalan que existe una **prevalencia significativa de ecoansiedad entre los jóvenes**,

en gran parte debido a la **percepción de que «heredan» un planeta en condiciones ambientales más deterioradas** que las de generaciones anteriores. Un ejemplo de cómo la cultura popular refleja estas preocupaciones puede observarse en las redes sociales. En plataformas como TikTok e Instagram, *influencers* y activistas ambientales comparten contenido educativo y emocional relacionado con la ecoansiedad, utilizando el humor y la creatividad para conectar con sus seguidores.

A pesar de lo anterior, **también se ha identificado la existencia de emociones y comportamientos positivos derivados de la ecoansiedad**. En ciertos casos, la preocupación y el estrés provocados por los problemas ambientales pueden acompañarse de sentimientos de esperanza y empoderamiento. Esto ocurre especialmente cuando **las personas participan activamente en acciones destinadas a abordar estas problemáticas**. De esta manera, es posible rescatar elementos que permitan formular recomendaciones y acciones concretas para contrarrestar los aspectos negativos de la ecoansiedad. A continuación, se presentan algunas de estas estrategias de afrontamiento.

### Afrontando la ecoansiedad

Ante el panorama descrito en los párrafos anteriores, es importante considerar algunas estrategias para abordar la ecoansiedad. En primer lugar, resulta fundamental **iniciar un proceso per-**

**sonal que permita comprender las propias emociones y practicar la autocompasión**. También es fundamental **reconocer que nadie enfrenta esta situación en soledad**. Cada vez más personas comparten preocupaciones similares respecto al medioambiente.

Experimentar **ecoansiedad** no convierte a alguien en alarmista ni en una persona «débil»; por el contrario, **suele reflejar una gran sensibilidad y empatía hacia el bienestar del planeta** y de quienes lo habitan. En este sentido, una primera recomendación es **compartir los miedos y preocupaciones con otras personas**, ya sea con amigos cercanos o familiares. Cuando sea posible, también se recomienda buscar apoyo terapéutico guiado por profesionales de la salud mental.

Una segunda recomendación consiste en **participar en iniciativas que promuevan soluciones prácticas a los problemas ambientales** en las comunidades locales. Involucrarse en este tipo de acciones puede **transformar la preocupación asociada con la ecoansiedad en un motor para la acción**. De esta manera, es posible pasar de la sensación de impotencia al empoderamiento, otorgando un nuevo significado a la ecoansiedad. Además, estas iniciativas facilitan la **conexión con otras personas que comparten inquietudes similares**, lo que permite construir redes de apoyo.

Este tipo de acciones también se refleja en producciones audiovisuales que muestran experiencias positivas de cambio. Un ejemplo es la serie documental *Con los pies sobre la tierra*, protagonizada por Zac Efron, en la que se presentan diversas **comunidades en todo el mundo que están implementando soluciones sostenibles** para proteger sus entornos y mitigar los efectos del cambio climático.

Esto nos lleva a la tercera recomendación: **reducir al mínimo el aislamiento**. Una de las estrategias clave para afrontar los desafíos relacionados con la salud mental es **contar con una red de apoyo sólida**. En la medida de lo posible, es importante rodearse de personas que se preocupen por nuestro bienestar. También resulta conveniente apartarse por momentos de las redes sociales digitales y **dedicar más tiempo a convivir con familiares y amigos**. Con frecuencia estamos expuestos a



Imagen creada por IA, basada en un capítulo de la serie "Con los pies en la Tierra". Gemini.google.com

información abrumadora sobre el medioambiente y el cambio climático; por ello, recurrir a una red de apoyo **puede ofrecernos un respiro y ayudarnos a procesar mejor nuestras emociones.**

Finalmente, la cuarta recomendación consiste en **no descuidar el autocuidado personal.** El autocuidado es fundamental para enfrentar cualquier estado de ansiedad. Aunque pueda resultar un desafío, adoptar pequeñas acciones para mejorar el bienestar —como **dormir adecuadamente, mantener una alimentación equilibrada y participar en actividades que generen momentos agradables**— puede marcar una gran diferencia. El objetivo es encontrar un equilibrio entre la vida personal y los desafíos externos relacionados con los problemas ambientales, ya sea que estos se experimenten de manera directa o indirecta.

### Ecoansiedad como oportunidad

El estudio de la **ecoansiedad** permite **comprender una dimensión crucial del impacto del cambio climático en la salud mental.** En este documento se ha presentado una descripción general de las características de este fenómeno, así como la importancia de desarrollar estrategias para afrontarlo tanto a nivel personal como comunitario. En este sentido, es importante

destacar que la ecoansiedad **puede actuar como un catalizador para la acción climática.** Aunque el estrés y la preocupación derivados de la situación ambiental pueden resultar abrumadores, también **pueden motivar a las personas a involucrarse en iniciativas** locales y globales orientadas a enfrentar los problemas ambientales. Este compromiso no solo contribuye a reducir la sensación de impotencia, sino que también puede transformar la ecoansiedad en una fuerza positiva para el cambio.

La ecoansiedad refleja la profunda **conexión entre los seres humanos y su entorno.** Reconocer y atender esta condición es fundamental para el bienestar individual y colectivo, así como para **fomentar un compromiso más activo y constructivo frente al cambio climático.** Promover la comprensión, el diálogo y el apoyo comunitario puede convertir la ecoansiedad en un motor de transformación positiva, impulsando la búsqueda de soluciones concretas y la construcción de un futuro más sostenible para las generaciones más jóvenes.



Clayton S. (2020). Climate anxiety: Psychological responses to climate change. *Journal of anxiety disorders*, 74, 102263. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2020.102263>

Gran, J.A. (2024). Avances sobre el impacto observado del cambio climático en la salud humana. *Blog REDUCC*. <https://www.pincc.unam.mx/reducc/avances-sobre-el-impacto-observado-del-cambio-climatico-en-la-salud-humana/>

Naciones Unidas. (2021). *¿Qué es el cambio climático?* <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

Organización Meteorológica Mundial. (2021). *Un nuevo informe muestra los efectos del cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos en América Latina y el Caribe*. <https://public.wmo.int/es/news/media-centre/un-nuevo-informe-muestra-los-efectos-del-cambio-climatico-y-los-fenomenos-meteorologicos-extremos-en>

# ARTÍCULO

## La independencia judicial en una sociedad democrática

José Martín Ramos-Ruiz y Mariluz del Carmen Hernández-Hernández



<https://pixabay.com/es/photos/ley-justicia-juicio-abogado-fiscal-8722596/>

**José Martín Ramos-Ruiz.** Estudiante del doctorado en Ciencias Jurídicas, Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[martinramosrz@gmail.com](mailto:martinramosrz@gmail.com)

**Mariluz del Carmen Hernández-Hernández.** Estudiante de la maestría en Derecho con terminación en Procesal Constitucional de la División de Estudios de Posgrado de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[1721318j@umich.mx](mailto:1721318j@umich.mx)

### Resumen

La independencia judicial es fundamental en una sociedad democrática, ya que permite que jueces y tribunales tomen decisiones imparciales, basadas únicamente en la ley y sin influencias externas. Esto garantiza el Estado de derecho, en el que todas las personas son iguales ante la ley, y protege los derechos humanos y las libertades fundamentales. En un sistema democrático como el mexicano, la división de poderes es esencial, pues permite que el Poder Judicial controle y equilibre a los poderes Ejecutivo y Legislativo. Sin embargo, la independencia judicial enfrenta diversos desafíos, como la interferencia política, las presiones económicas y sociales, así como la falta de recursos y de capacitación. Por ello, su protección requiere procesos transparentes en el nombramiento y la destitución de jueces, un financiamiento adecuado y el respeto pleno al Poder Judicial.

**Palabras clave:** Democracia, independencia judicial.

RECIBIDO: 26/08/2024; ACEPTADO: 19/02/2025;

PUBLICADO: 30/04/2026

## La independencia judicial

La independencia judicial, desde la perspectiva de la democracia, **permite que jueces y tribunales tomen decisiones imparciales sin la influencia de actores externos**, basándose únicamente en la ley. Se entiende como la capacidad de los jueces para ejercer sus funciones sin intervenciones externas —del gobierno, de grupos de poder económico, de los medios de comunicación o de cualquier otra fuente—, lo que implica que sus decisiones estén **apegadas a Derecho** y que las sentencias se emitan de manera justa.

## La independencia judicial y la democracia

Una de las características principales de una democracia es el **Estado de derecho**; es decir, que **todas las personas, incluido el gobierno, están sujetas a las mismas leyes**. Por ello, es indispensable que los tribunales sean independientes y que puedan interpretar y aplicar la ley de manera imparcial.

## Protección de los derechos humanos

La **independencia judicial** implica, de manera indudable, la **protección de los derechos humanos**, ya que a través de ella los jueces toman decisiones que permiten salvaguardarlos, así como las libertades fundamentales de todas las personas.

Esto significa que deben atender a dicha protección y no a los intereses del gobierno o de los grupos de poder. Asimismo, si un país no cuenta con tribunales independientes, los derechos de las personas estarían en constante riesgo de ser vulnerados o podrían verse afectados.

## Control del poder

Es importante comprender que la Constitución establece que el Estado mexicano se organiza mediante la división de poderes: **Ejecutivo, Legislativo y Judicial**, cada uno con funciones distintas, a fin de evitar la concentración del poder en una sola persona o institución. Esta división permite **garantizar la democracia y el funcionamiento independiente y equilibrado de los poderes**. En este contexto, la independencia judicial posibilita el control sobre los otros dos poderes, asegurando que ninguno actúe de manera arbitraria o sin control. De este modo, jueces independientes e imparciales pueden revisar y, en su caso, anular acciones del Poder Ejecutivo o del Poder Legislativo que atenten contra los derechos humanos y las libertades fundamentales de las personas.

## Algunos desafíos

La independencia judicial enfrenta numerosos desafíos en todo el mundo, entre ellos la **inter-**



Imagen generada por IA. Gemini.google.com



<https://www.reporteindigo.com/reporte/jueces-bajo-amenazas-del-crimen-organizado-violencia-homicidios-seguridad/>

**ferencia política**, que se manifiesta en presiones directas sobre los jueces para que actúen conforme a determinados intereses. Esto obstaculiza el acceso al bien común y a la justicia, además de propiciar la manipulación de los procesos de nombramiento y destitución de jueces o la intervención en el presupuesto del Poder Judicial, lo que debilita la confianza de la sociedad en el sistema judicial. Asimismo, los jueces pueden enfrentar **presiones económicas y sociales** por parte de grupos con gran poder económico que intentan amenazarlos o sobornarlos. A ello se suma la **influencia de los medios de comunicación** y de la opinión en redes sociales, especialmente en casos mediáticos o polémicos.

Es importante señalar que la **falta de recursos suficientes** o de **capacitación adecuada** también puede afectar la independencia judicial. Sin un financiamiento adecuado, los tribunales pueden volverse ineficientes y más vulnerables a la corrupción. Del mismo modo, si los jueces no cuentan con una formación sólida, pueden incurrir en errores al interpretar y aplicar la ley.

### Protección a la independencia judicial

Proteger la independencia judicial requiere esfuerzos constantes y la implementación de medidas que salvaguarden la democracia. En este sentido, es fundamental que existan **procesos transpa-**

**rentes en el nombramiento y la destitución de jueces.** Esta transparencia implica que su designación se base en el mérito y no en favoritismos o en influencias externas que busquen beneficiar intereses particulares. Por ello, los jueces deben ser **seleccionados por su competencia, integridad y compromiso** con la justicia y el bien común. Asimismo, su **destitución** debe obedecer únicamente a **causas justificadas y plenamente comprobadas**, y no a presiones o influencias externas derivadas de decisiones que afecten intereses específicos.

### El financiamiento

Es indispensable que el sistema judicial cuente con un **financiamiento adecuado** que le permita cumplir eficazmente sus funciones, sin quedar sujeto a decisiones discrecionales de los poderes Ejecutivo o Legislativo. La falta de recursos suficientes puede impactar negativamente en el desempeño de sus actividades y, en consecuencia, en la impartición de justicia.

### Capacitación judicial

Es fundamental que los jueces se mantengan en **constante capacitación**, ya que el derecho evoluciona conforme cambian la sociedad y sus necesidades. Por ello, es indispensable que cuenten con una actualización permanente que les permita conocer la ley, interpretarla adecuadamente y, en consecuencia, aplicarla de manera correcta. Asimismo, su formación debe **incluir la ética judicial y el desarrollo de habilidades que les permitan resistir presiones externas.**

### Derechos de los jueces

Los jueces cuentan con diversos derechos que les permiten desempeñar sus funciones de manera segura y adecuada. Entre ellos se encuentran la **seguridad laboral**, el derecho a un salario digno y la facultad de resolver los asuntos conforme a su criterio. La seguridad laboral implica que puedan **ejercer sus funciones sin temor a ser sancionados o removidos arbitrariamente.** El salario digno supone una remuneración acorde con la responsabilidad de su cargo, que les permita vivir decorosa-

mente. Por su parte, resolver conforme a su criterio significa que puedan decidir con libertad, de acuerdo con su interpretación del caso. La protección de estos derechos es esencial, ya que permite a los jueces desempeñar su labor sin temor a represalias ni a ser víctimas de violencia o acoso, garantizando además su derecho a un entorno de trabajo seguro.

### El respeto al Poder Judicial

Tanto la ciudadanía como los demás poderes del Estado deben **respetar la labor que desempeñan los integrantes del Poder Judicial**, a fin de que esta función se ejerza de manera libre y adecuada. De lo contrario, existe el riesgo de que los jueces se vean presionados y dejen de resolver los casos con apego a la ley, emitiendo sentencias basadas en criterios ajenos al marco jurídico.

### Casos de independencia judicial

En América Latina, un **caso emblemático** de afectación a la independencia judicial es el de la **jueza María Lourdes Afuni, en Venezuela**, quien fue **encarcelada y torturada** en 2009 **tras dictar una sentencia que no favoreció al gobierno de Hugo Chávez**. Su detención generó preocupación internacional, ya que fue interpretada como una represalia por el ejercicio de sus funciones judiciales. Este tipo de situaciones evi-

dencia que las decisiones judiciales deben basarse en el derecho y no en criterios políticos.

Otro caso es el del **juez mexicano Juan Pablo Gómez Fierro**, quien emitió una **medida provisional en contra de un asunto relacionado con políticas públicas en materia energética**, lo que derivó en su **exposición pública por parte de autoridades del Poder Ejecutivo**.

Casos como estos pueden afectar el ejercicio libre de la función judicial, ya que, cuando los jueces enfrentan consecuencias por emitir resoluciones contrarias a determinados intereses, existe el riesgo de que sus decisiones dejen de apegarse estrictamente al derecho, lo que puede vulnerar los derechos humanos y las libertades fundamentales de las personas.



Cantú C., Beltrán H., Hernández Y. y Cruz A.C. (2019). *Equilibrios, continuidades y autonomías; retos de la práctica democrática en México*, Mesa 1, recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/12/5966/10.pdf>

Trinidad L.D. (2017). La independencia judicial, como condición necesaria para garantizar derechos humanos, sus obstáculos y retos. *Perfiles de las Ciencias Sociales*, 4(8), 285-307. [https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9493257&orden=0&info=link)

[lo?codigo=9493257&orden=0&info=link](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9493257&orden=0&info=link)

Vargas-Vera G., Valencia-Quiceno S., Morales-Ramírez G.F., González-Carvallo D.B., Gutiérrez-Rodríguez M.J., López-Pech S.C., Murillo-Pichardo F. y Delgadillo-Santos M.F. (2023). *Independencia judicial*. Centro de Estudios Constitucionales de la Suprema Corte de Justicia de la Nación. Suprema Corte de Justicia de la Nación, 1, 180 p. <https://www.sitios.scjn.gob.mx/cec/editorial/independencia-judicial-o>

# ARTÍCULO

## Compartiendo el mismo mar turquesa: Entre pescadores y tortugas marinas

Liliana Areli Robledo-Ávila y Fernando Alberto Muñoz-Tenería



<https://pixabay.com/es/photos/mar-tortuga-buceo-animal-2361247/>

**Liliana Areli Robledo-Ávila.** Investigadora posdoctoral asociada, Laboratorio de Inmunología de Animales Silvestres, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.  
[areli.robledo@uaslp.mx](mailto:areli.robledo@uaslp.mx)

**Fernando Alberto Muñoz Tenería.** Profesor-Investigador del Laboratorio de Inmunología de Animales Silvestres, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.  
[fernando.munoz@uaslp.mx](mailto:fernando.munoz@uaslp.mx)

### Resumen

La pesca artesanal ha dependido históricamente de las tortugas marinas; sin embargo, la sobreexplotación llevó a estas especies al borde de la extinción. Desde la década de 1990, diversas normativas internacionales han prohibido su consumo con el fin de proteger su lento ciclo de vida. En la actualidad, la contaminación y la pesca incidental constituyen sus principales amenazas. Para mitigarlas, cooperativas, académicos y autoridades gubernamentales colaboran en el monitoreo de hábitats y zonas de alimentación, con el objetivo de equilibrar la actividad pesquera y la recuperación de estas poblaciones vulnerables.

**Palabras clave:** Caribe mexicano, cooperativas pesqueras, pesca incidental, tortuga de carey.

RECIBIDO: 13/09/2024; ACEPTADO: 18/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

### Pesca artesanal

La pesca artesanal surgió como **respuesta a las necesidades alimentarias de las familias costeras** y, con el tiempo, se consolidó como una actividad económica basada en los recursos disponibles del ambiente marino. Se caracteriza por el **uso de pequeñas embarcaciones y de técnicas tradicionales de pesca**, como redes agalleras o de enmalle, palangres, trampas, redes de arrastre, cañas de pescar, redes de cerco y chinchorros. El arte de pesca empleado **depende del grupo de organismos que se desea capturar**, conocido como «pesca objetivo». Por ejemplo, para la pesca de escama se utilizan comúnmente redes agalleras, mientras que para la captura de tiburón se emplean palangres; las trampas se destinan a la captura de langostas y otros crustáceos, y las redes de arrastre están diseñadas para la extracción de camarón.

### Inicio de la pesquería de las tortugas marinas

En México, durante la **década de 1960**, se produjo un **auge en la pesquería de tortugas marinas** impulsado por la demanda de sus productos, como piel, carne, huevos, aceite y caparazón. El co-

mercio de estos recursos alcanzó tal relevancia que se habilitaron espacios específicos para el almacenamiento y empaque de dichos productos. En general, **alrededor del 10 % de la producción se destinaba al autoconsumo y el resto se exportaba**. La carne de tortuga fue uno de los productos más demandados, en parte porque sustituyó el consumo de carne roja al ser más accesible y fresca para los consumidores.

Durante la **temporada de anidación**, las **hembras eran capturadas en las playas** y confinadas en corrales conocidos como «chiqueros», donde **posteriormente eran sacrificadas**. **En el mar**, tortugas en etapas juvenil, subadulta y adulta eran **perseguidas y capturadas en zonas de reproducción y alimentación**, mediante el uso de redes agalleras o por medio de buceo libre con apoyo de pequeñas embarcaciones.

### Pesca de la tortuga marina en el caribe mexicano

Durante la época de la **pesquería de tortugas en Quintana Roo**, México, los esfuerzos se concentraban en los sitios de alimentación y reproducción de la zona norte del estado. **Se consumían y co-**





mercionalizaban especies como la **tortuga de carey** (*Eretmochelys imbricata*), la **tortuga verde** (*Chelonia mydas*) y la **tortuga caguama** (*Caretta caretta*). La **tortuga de carey** fue la **especie más explotada** en ese periodo, debido a la demanda de su caparazón, utilizado para la elaboración de artesanías; además, los ejemplares juveniles eran capturados para su venta o exportación como material de taxidermia. Por su parte, la tortuga verde fue ampliamente explotada por la alta demanda de su carne, huevos y aceite.

#### **Explotación de las poblaciones de tortugas marinas y su situación actual**

A partir de la **década de 1980**, se registró una **disminución considerable en las poblaciones de tortugas marinas en todo el país**. En respuesta, se implementaron de manera gradual diversas medidas para restringir su captura. Entre estas **acciones** destacan la **creación de campamentos tortugueiros en playas de anidación**, con el objetivo de proteger los nidos y las crías, así como la aplicación de programas de monitoreo y el establecimiento de vedas parciales o totales.

En la **década de 1990** se estableció en México una **veda total y permanente para todas las es-**

**pecies de tortugas marinas**, mediante la cual **se prohibió su captura**, así como el aprovechamiento de sus huevos, carne, caparazón, aceite y piel. Con la implementación de esta legislación orientada a su protección y conservación, **se capacitó a los pescadores** para dar a conocer las restricciones de pesca y fomentar el cuidado de los recursos marinos.

Las **siete especies de tortugas marinas** existentes están catalogadas como «**en peligro de extinción**» a nivel nacional (NOM-059-SEMAR-NAT-2001) y como «**en peligro**» o «**en peligro crítico**» a nivel internacional, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN-Red List). De estas, seis anidan y se alimentan en las costas de México: la tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*), la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) y la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*). La tortuga aplanada (*Natator depressus*) es endémica de la plataforma australiana.

En décadas recientes se han hecho evidentes las graves **consecuencias que enfrentan las tortugas marinas en su proceso de recuperación poblacional**, como resultado de la sobreexplotación de-

rivada de la pesca dirigida, la contaminación de su hábitat, el consumo y comercio ilícito de huevos y carne (cacería furtiva), así como su **persistente vulnerabilidad a la captura incidental**.

### **Pesca incidental de tortugas marinas en la zona del Caribe mexicano**

En la **pesca incidental** se capturan organismos marinos «no deseados», es decir, especies para las cuales no estaba dirigida la actividad pesquera original («especies objetivo»). En la actualidad, esta práctica **constituye una de las principales amenazas para las poblaciones de tortugas marinas**, ya que quedan atrapadas de manera involuntaria en redes o trampas, lo que les provoca lesiones y, en los casos más graves, la muerte.

En la pesca ribereña del **Caribe mexicano** se ha registrado una frecuencia de captura incidental de aproximadamente **una tortuga por día mediante el uso de redes de enmalle, palangres y redes de arrastre**. La tortuga de carey y la tortuga caguama, en etapas potencialmente reproductivas (adultos y subadultos), son las más susceptibles a ser capturadas en sus sitios de alimentación y reproducción, coincidiendo con la abundancia de las especies objetivo.

Las tortugas marinas presentan una maduración sexual tardía, que ocurre alrededor de los 20 años; por ello, **la captura incidental en etapas clave de su ciclo de vida impacta directamente en la recuperación de sus poblaciones**.

### **¿Cómo mitigar la captura incidental?**

La **regulación, protección y manejo de los recursos terrestres y marinos** son impulsados y dirigidos por instituciones como la **SEMARNAT** y la **CONAPESCA**. Con el objetivo de evitar la captura incidental de tortugas marinas, se han establecido **modificaciones en el uso y tipo de materiales de redes, anzuelos y trampas** (NOM-061-SAG-PESC/SEMARNAT-2016). Asimismo, se han definido **distancias prudentes entre las zonas de pesca y las playas de anidación**, además de prohibirse el uso de **redes y palangres en arrecifes de coral**.

Actualmente, **la mayoría de los pescadores forman parte de sociedades cooperativas reguladas y apoyadas por la federación**, y cuentan con capacitación y conocimiento de la legislación en materia de pesca y protección de los recursos marinos. Esto **ha favorecido su colaboración con instituciones gubernamentales en la conservación y el estudio de las tortugas marinas**. A su vez, se han



impulsado programas de educación ambiental en las comunidades costeras, con el objetivo de reducir el impacto de la pesca incidental sobre especies vulnerables y **promover prácticas más sostenibles.**

### Tortuga de carey en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro

La **Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro** es un complejo arrecifal ubicado frente a las costas de Mahahual, en Quintana Roo. Funciona como **sitio de tránsito, refugio y alimentación para tres especies de tortuga marina:** la tortuga de carey, la tortuga verde y la tortuga caguama. Este sitio tiene **gran importancia pesquera y comercial,** donde operan activamente tres sociedades cooperativas dedicadas principalmente a la extracción de langosta del Caribe (*Panulirus argus*), caracol rosado (*Strombus gigas*) y, en menor proporción, peces de escama.

Desde 2014, los pescadores de **las cooperativas «Langosteros del Caribe» y «Andrés Quintana Roo»** han colaborado activamente en **proyectos de investigación sobre tortugas marinas,** liderados por el investigador Fernando Muñoz

Tenería (UASLP), en conjunto con Roberto Herrera, de ECOSUR, y la organización «Littlefeet Environmental». A la fecha, se han llevado a cabo estudios sobre la estructura poblacional y el estado de salud de tres especies de tortuga marina, con un enfoque particular en la tortuga de carey, catalogada como en «**peligro crítico**» a nivel internacional. Esta colaboración ha permitido **evidenciar el compromiso y la responsabilidad de los pescadores con la conservación** de los recursos marinos, tanto de las especies objetivo como de las tortugas que habitan en la zona.

Como comunidad científica, consideramos que la **colaboración y la capacitación constante de los pescadores y de las comunidades costeras son fundamentales para la conservación de los recursos marinos,** en particular de las especies de tortugas marinas, con el propósito de contrarrestar su posible extinción.



Cuevas E., Guzmán-Hernández V., Uribe-Martínez A., Raymundo-Sánchez A. y Herrera-Pavón R. (2018). Identification of potential sea turtle bycatch hotspots using a spatially explicit approach in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Chelonian Conservation and Biology*, 17(1), 78-93. <https://doi.org/10.2744/CCB-1263.1>

Ramos R. (1974). Generalidades sobre la pesquería de las tortugas marinas en Isla Mujeres, Q. Roo. *Instituto Nacional de la Pesca. INP/SD*, 7. <https://inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Series/19705-INP-Serie-Divul->

[gacion/SD-07-Ramos-1974-Tortugas-marinas-en-Isla-Mujeres-Q-Roo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/542189/CP16-08.PDF)

Rodríguez-Valencia J.A., Cisneros-Mata M.A., Ortega-Casillas H., Castro-Leal I., Rodríguez-Domínguez G., Chávez-Castro A. y Rodríguez-Delgado L.G. (2008). Anzuelos circulares como opción para reducir la captura incidental en las operaciones pesqueras de los palangreros ribereños de Sinaloa (México). *Ciencia Pesquera*, 16, 67-78. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/542189/CP16-08.PDF>

# ARTÍCULO

## Endófitos de semillas: El origen de una relación

Javier Alejandro Villa-Torres y Jorge Álvarez-Cervantes



<https://pixabay.com/es/illustrations/ai-generado-laboratorio-8756077/>

**Javier Alejandro Villa-Torres.** Estudiante de la maestría en biotecnología, Laboratorio de Calidad y Sustentabilidad Agroalimentaria, Universidad Politécnica de Pachuca. Zempoala, Hidalgo.

[javiervilla1102@micorreo.upp.edu.mx](mailto:javiervilla1102@micorreo.upp.edu.mx)

**Jorge Álvarez-Cervantes.** Profesor-Investigador en el Laboratorio de Calidad y Sustentabilidad Agroalimentaria, Programa Educativo Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Pachuca. Zempoala, Hidalgo.

[jorge\\_ac85@upp.edu.mx](mailto:jorge_ac85@upp.edu.mx)

### Resumen

Los microorganismos que habitan en el interior de las plantas son de gran importancia para su crecimiento y desarrollo. Debido a su localización en estructuras internas, se les denomina endófitos. Desde las semillas es posible encontrar una gran diversidad de estos microorganismos, los cuales contribuyen al desarrollo de las plantas en sus distintas etapas. Estos organismos microscópicos desempeñan funciones específicas, tanto en la promoción del crecimiento vegetal como en la protección frente al ataque de diversos patógenos. El estudio de los endófitos en semillas ha despertado un creciente interés en la industria agrícola, ya que a partir de ellos se pueden desarrollar productos que mejoran el rendimiento de los cultivos. Esto se traduce en mejoras económicas y, al mismo tiempo, en beneficios para el ambiente.

**Palabras clave:** Bioinsumos, endófitos, promoción del crecimiento, transmisión vertical.

RECIBIDO: 13/09/2024 ACEPTADO: 23/09/2024

PUBLICADO: 23/09/2024

### Inicio de una relación: Endófitos y plantas

Las semillas son una parte fundamental en el ciclo de vida de las plantas, no solo porque representan el punto de partida de la vida vegetal, sino también porque **facilitan la dispersión, la adaptabilidad y la persistencia en nuevos ambientes**. No obstante, este proceso no ocurre de manera aislada: existen **microorganismos** que se alojan en diversas partes de la semilla, como la radícula o en espacios profundos y poco accesibles de la cubierta, y que **favorecen un proceso tan complejo como la germinación**.

Las plantas han evolucionado en estrecha asociación con diversas comunidades microbianas que se encuentran tanto en su interior como en su entorno. Entre estas interacciones **destacan los microorganismos endófitos**, principalmente bacterias y hongos, que colonizan el interior de estructuras como raíces, flores, hojas y semillas sin causar efectos negativos.

La importancia de los endófitos radica en la relación íntima que establecen con la planta: no son simples «pasajeros», sino organismos que **acompañan a lo largo de distintas etapas de su ciclo de vida**. Esta asociación contribuye a mejorar la salud de los cultivos, favorece el proceso de germinación y aumenta su productividad.

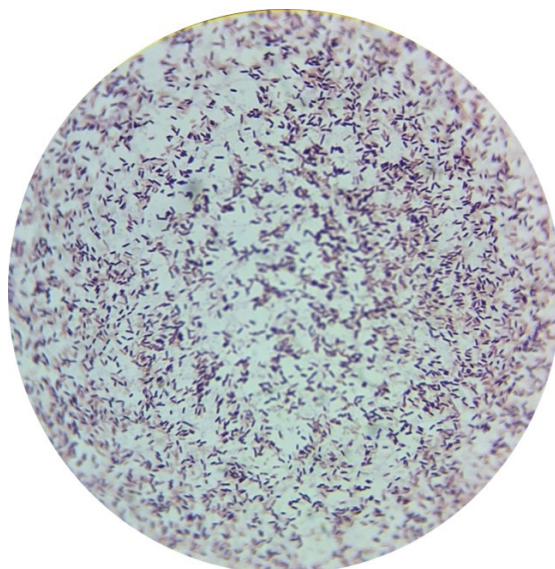
### ¿Cómo llegaron ahí?

Por medio de una serie de procesos complejos, los endófitos de las semillas se **adhieren a la raíz embrionaria** y, en algunos casos, **desarrollan mecanismos de**



**adaptación** que les

Semillas de maguey pulquero. Imagen propia.



Bacterias bacilares Gram positivas endófitas de semillas de maguey pulquero (*Agave salmiana*). Imagen propia.

permiten interactuar con los microorganismos del suelo, generando interacciones positivas entre ambas comunidades. Durante el desarrollo de la planta, **estos microorganismos se movilizan hacia distintas estructuras** hasta alcanzar el embrión y transmitirse a un nuevo individuo.

Este proceso se conoce como **transmisión vertical**, mediante el cual **la planta madre hereda ciertos microorganismos a la planta hija**. Esta transmisión puede ocurrir a través de tres vías principales: la **vía interna**, mediante el xilema de la planta madre; la **vía floral**, a través del estigma; y la **vía externa**, en la que los microorganismos se depositan en las semillas.

### ¿Hay más vida en las semillas?

Es importante resaltar que, durante la germinación, **diversos microorganismos nativos del suelo compiten con los endófitos presentes en las semillas**. Esto da lugar a un estricto proceso de selección en el que algunos endófitos logran sobrevivir e interactuar con los microorganismos del suelo, formando así la nueva comunidad microbiana de la plántula.

Los microorganismos que habitan en las especies vegetales **son cambiantes y varían en función de factores como el entorno ambiental y el tipo de planta**. Cada organismo vegetal alberga una gran diversidad de microorganismos; sin embargo, diversos estudios han identificado ciertos grupos recurrentes en diferentes géneros de semillas.



Interacción de microorganismos endófitos y semillas. Diagrama creado en Canva.com

Entre las bacterias, los filos que se encuentran con mayor frecuencia en las semillas son Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes y Bacteroidetes.

En plantas de maguey, por ejemplo, se han identificado con mayor frecuencia bacterias de los géneros *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Acinetobacter*, *Enterobacter*, *Pseudomonas* y *Stenotrophomonas*. En el caso del arroz, predominan géneros como *Sphingomonas*, *Methylobacterium*, *Curtobacterium* y *Bacillus*. Por su parte, en el árbol de cacao se han reportado principalmente géneros como *Bacillus* y *Enterobacter*.

Aunque la cantidad de microorganismos fúngicos presentes en el interior de las semillas es menor, existen divisiones como levaduras, ascomicetos y basidiomicetos que aparecen con mayor frecuencia en distintos géneros de plantas. Se ha reportado que, en gramíneas, el género *Neotyphodium* es uno de los más comunes y que su función se relaciona con la protección de la planta frente a patógenos. En familias vegetales como las brasicáceas (por ejemplo, el brócoli), se ha identificado una amplia diversidad de hongos, entre los que destacan los géneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* y *Xylaria*.

### Pero... ¿Qué hacen ahí?

Los **microorganismos endófitos** presentes en las plantas **desempeñan un papel clave en su desarrollo**, ya que favorecen su crecimiento en distintas etapas y **aumentan su tolerancia frente a fitopatógenos**. Más allá de este conocimiento general, resulta fundamental comprender las funciones específicas que ejercen, las cuales explican su creciente interés en la industria agrícola. Entre los beneficios más relevantes destaca su **capacidad para adaptar el entorno**, al incrementar la disponibilidad de agua y nutrientes mediante la producción de diversos metabolitos, así como de hormonas vegetales que favorecen la germinación, la conservación de las semillas y la **resistencia frente a factores externos**.

Existen diversos mecanismos mediante los cuales estos microorganismos promueven el crecimiento vegetal, los cuales describen la forma en que interactúan con la planta. Entre los **mecanismos directos** se encuentran aquellos en los que bacterias y hongos facilitan la **disponibilidad de nutrientes en el suelo**, a través de procesos como la fijación y la solubilización de minerales que, en su estado natural, no pueden ser asimilados por la

planta, principalmente potasio, fósforo, hierro y nitrógeno. Además, algunos microorganismos **regulan y secretan hormonas** que influyen positivamente en el crecimiento, como las auxinas, gibberelinas y citoquininas.

Por otro lado, los **mecanismos indirectos** incluyen la **producción de antibióticos, enzimas líticas y sideróforos**, compuestos que en conjunto **contribuyen al control de patógenos**. Asimismo, los microorganismos pueden activar un proceso conocido como **inducción de resistencia sistémica (IRS)**, mediante el cual la planta fortalece sus defensas al **activar su sistema inmune** en respuesta a la presencia de microorganismos benéficos.

### Una relación que beneficia a la agricultura

Ante la creciente preocupación por el deterioro ambiental derivado del uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes químicos, que han ocasionado daños significativos en ríos, plantas y suelos, se han buscado alternativas que, además de reducir la huella de carbono, permitan disminuir los costos de producción y favorecer sistemas agrícolas resilientes y sostenibles. Una de estas alternativas consiste en el **uso de productos basados en organismos vivos**, principalmente microorganismos —incluidos los endófitos—, que **mejoran el rendimiento de los cultivos**; estos productos se conocen como **bioinsumos**.

Los bioinsumos **se clasifican de acuerdo con la función que desempeñan**. Por un lado, los bioestimulantes son aquellos que, al aplicarse a las plantas, **promueven su equilibrio fisiológico** y, en consecuencia, incrementan los rendimientos. Por otro lado, los **biocontroladores** permiten **eliminar, reducir o prevenir el daño ocasionado por plagas**

**y enfermedades**, contribuyendo así a la protección de los cultivos.

Actualmente, el **aislamiento de endófitos a partir de semillas** representa una **alternativa prometedora para obtener microorganismos con aplicaciones agrícolas**. Esto ofrece ventajas para el desarrollo de bioinsumos más amigables con el medioambiente, al reducir el uso de compuestos químicos y contribuir a la transición hacia una agricultura sostenible. Para avanzar en este campo, es necesario continuar investigando semillas que germinan en condiciones extremas y comprender los mecanismos de interacción con sus endófitos, los cuales pueden representar una oportunidad para descubrir microorganismos con propiedades bioquímicas de interés en ámbitos como la industria alimentaria, la agricultura, la farmacéutica, la bioenergía, la biorremediación y otros sectores industriales.



Uso de microorganismos endófitos en la agricultura. Creado en Canva.com



Nelson E.B. (2018). The seed microbiome: origins, interactions, and impacts. *Plant and Soil*, 422, 7-34. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-017-3289-7>

Pérez A. y Chamorro L. (2013). Bacterias endófitas: un nuevo campo de investigación para el desarrollo del sector agropecuario. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 5(2), 439-462. <https://doi.org/10.24188/recia.v5.n2.2013.457>

Sánchez-Fernández R.E., Sánchez-Ortiz B.L., Sandoval-Espinosa Y.K.M., Ulloa-Benítez A., Armendáriz-Guillén B.L., García-Méndez M.C. y Macías-Rubalcava M.L. (2013). Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 16(2), 132-146. [10.1016/S1405-888X\(13\)72084-9](https://doi.org/10.1016/S1405-888X(13)72084-9)

# ARTÍCULO

## La radiación solar: Una afectación a la piel

Cristian Heber Zepeda-Fernández y Carlos Alfredo López-Téllez

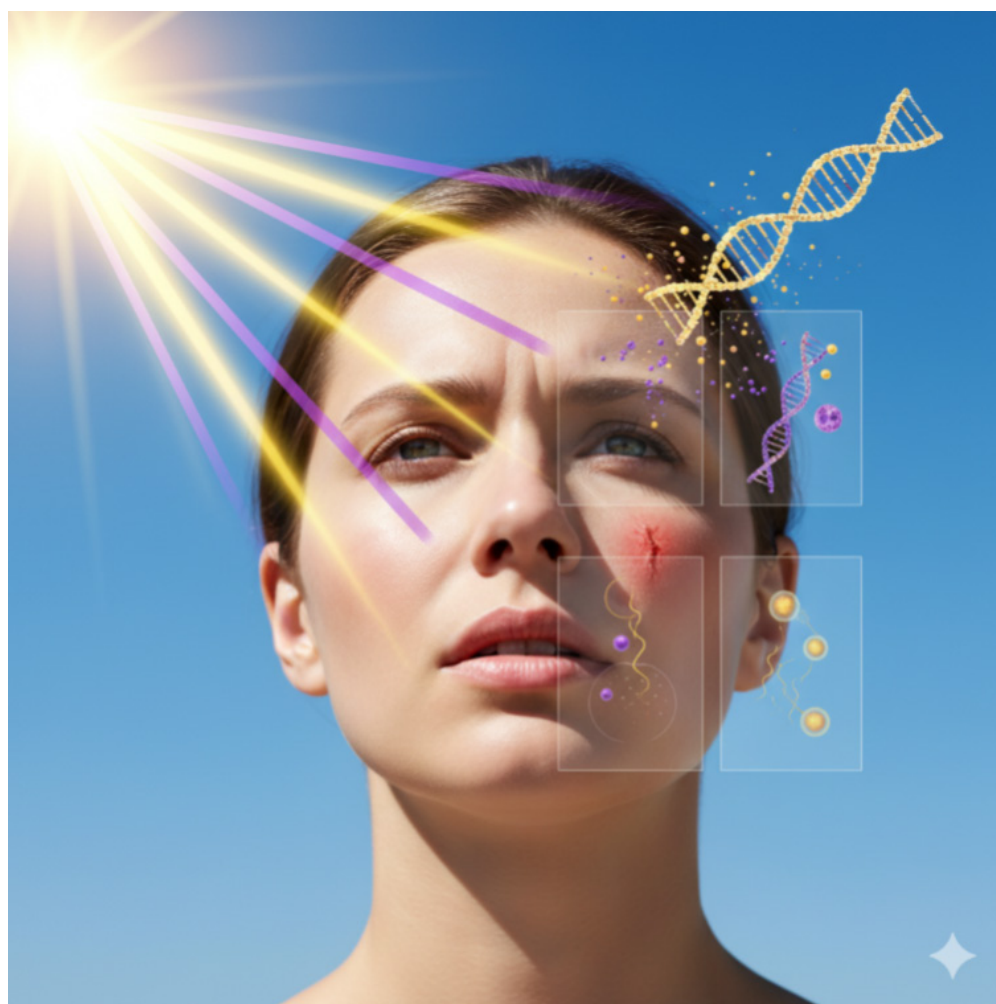


Imagen creada por IA. Geimini.google.com

**Cristian Heber Zepeda-Fernández.** Investigador por México, SECIHTI, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.  
[hzepeda@fcfm.buap.mx](mailto:hzepeda@fcfm.buap.mx)

**Carlos Alfredo López-Téllez.** Estudiante de licenciatura, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.  
[carlosalfredolopeztellez@gmail.com](mailto:carlosalfredolopeztellez@gmail.com)

### Resumen

La radiación se define como la emisión y propagación de energía en forma de partículas proveniente de alguna fuente. Una de las fuentes con las que interactuamos diariamente es el Sol, que emite radiación como resultado de las reacciones de fusión nuclear que ocurren en su núcleo. Parte de esta radiación llega a la Tierra en forma de ondas electromagnéticas, compuestas aproximadamente por un 50 % de luz visible, un 45 % de rayos infrarrojos y un 5 % de radiación ultravioleta. Esta última es más energética y, por lo tanto, más dañina. Puede romper cadenas de ADN y aumentar el riesgo de desarrollar cáncer de piel. Para reducir estos riesgos, se recomienda limitar la exposición prolongada al Sol y utilizar protector solar, especialmente entre las 10:00 y las 14:00 horas. En este trabajo se explica la composición de la radiación solar y la interacción con el cuerpo humano.

**Palabras clave:** ADN, radiación, Sol, UV.

RECIBIDO: 13/09/2024; ACEPTADO: 18/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

### La radiación solar

La **radiación** se define como la **emisión de energía en forma de partículas u ondas electromagnéticas provenientes de un objeto**, denominado *fente radiactiva*. Existen elementos de la tabla periódica que presentan radiactividad, como el uranio, el radio o el potasio. La radiación **puede modificar las moléculas o la estructura atómica de los objetos**; por ejemplo, ciertas fuentes radiactivas **pueden dañar el ADN**, provocando rupturas que pueden **derivar en cáncer**. Este proceso no es inmediato, ya que depende de diversos factores, como el tiempo de exposición y la dosis de radiación recibida, entre otros.

No toda la radiación tiene la capacidad de modificar los átomos. Por ejemplo, las lámparas también son fuentes de radiación, puesto que emiten luz visible, que es una forma de onda electromagnética; sin embargo, este tipo de radiación no altera la estructura atómica, aunque una exposición inadecuada puede afectar la vista.

Una **fente de radiación con la que interactuamos diariamente es el Sol**, el cual emite energía como resultado de las reacciones de fusión nuclear que ocurren en su núcleo. Parte de esta energía llega a la Tierra en forma de rayos UV, infrarroja y luz visible. La **radiación infrarroja** está asociada con el **calor**, mientras que la **luz visible** corresponde a la franja del espectro electromagnético que **permite la visión**. Por su parte, los **rayos UV** son los más

energéticos y potencialmente dañinos, ya que **pueden causar cáncer de piel y cataratas**.

La **radiación ultravioleta** se clasifica en tres tipos: **UVA, UVB y UVC**, que se diferencian principalmente por su nivel de energía, siendo los UVC los más peligrosos.

El ozono presente en la atmósfera absorbe la mayor parte de los rayos UV, por lo que la radiación que llega a la **superficie de la Tierra está compuesta por un 50 % de luz visible, un 45 % de rayos infrarrojos y el 5 % de rayos UV**. Sin embargo, se ha observado un deterioro de la capa de ozono debido a la emisión de diversos gases producidos por actividades humanas, como el uso de aerosoles, los vehículos de combustión, los viajes en avión y los incendios, entre otros.

### La piel y su exposición a los rayos solares

Diversas **actividades cotidianas implican exposición a la radiación solar**: niños que juegan al fútbol después de clases, personas que caminan por la calle o trabajadores de la construcción. Entre ellos, quienes laboran en el campo suelen ser los más expuestos; sin embargo, **puede ocurrir que algunas personas desarrollen problemas en la piel mientras que otras, aun con exposiciones similares o mayores, no presenten daños**.

El cuerpo humano es un sistema complejo que requiere energía para funcionar, la cual obtiene principalmente de los alimentos. **La piel**, el

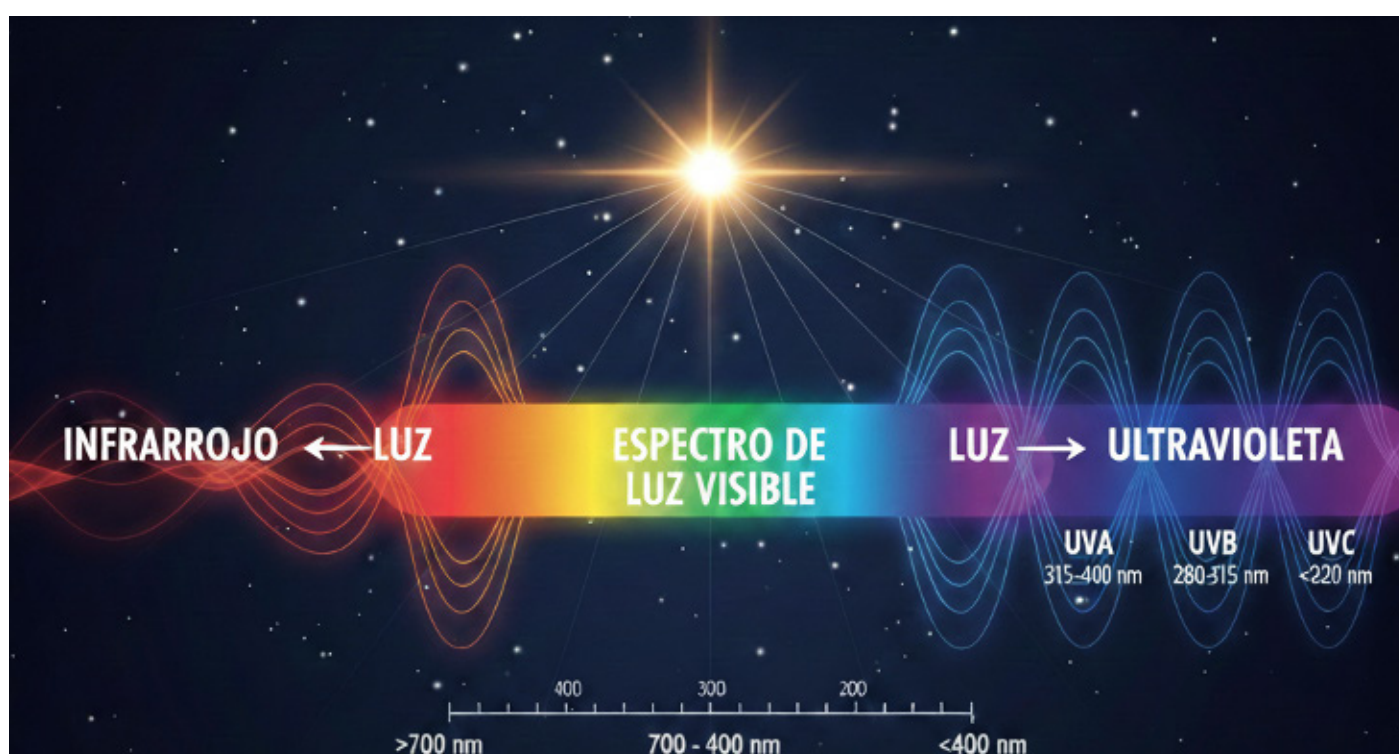


Imagen creada por IA. Gemini.google.com



**NORMALMENTE, DE 10 A.M. A 2 P.M. SE  
RECIBE LA MÁXIMA RADIACIÓN SOLAR.**

Imagen creada por IA. Gemini.google.com

órgano más grande del cuerpo, cumple funciones esenciales, como **proteger al organismo frente a microorganismos y regular la temperatura**. Una **alimentación equilibrada** contribuye a su salud: alimentos como el aguacate, el tomate, el salmón, el kiwi, el yogur, las naranjas y el consumo adecuado de agua aportan nutrientes importantes que **ayudan a nutrir la piel**.

Dado que la piel es el órgano más expuesto a la radiación solar, ciertos alimentos pueden contribuir a su protección, como el té verde, diversas verduras, la sandía y el agua. En este sentido, la alimentación juega un papel relevante en el cuidado de la piel. No obstante, **factores como la genética también influyen en la forma en que la piel responde a la exposición solar**.

#### La piel y los rayos infrarrojos

Cuando un objeto se coloca cerca de una fuente de luz, como un foco, comienza a calentarse debido a la energía térmica que esta emite. Este efecto ocurre porque el objeto absorbe la energía que se propaga en forma de rayos infrarrojos. De

manera similar, durante el día, superficies como banquetas, calles o automóviles están expuestas a la radiación térmica del Sol; al absorberla, incrementan su temperatura y, si la exposición es prolongada, pueden sufrir daños.

En el caso del cuerpo humano, **la piel es la encargada de absorber parte de esta radiación**, lo que provoca un aumento en la temperatura corporal. Este efecto puede resultar peligroso, ya que **el organismo requiere mantenerse en un rango aproximado de entre 36.5 °C y 37 °C para funcionar adecuadamente**. Cuando la temperatura corporal **supera este rango** debido a la exposición a la radiación infrarroja, pueden presentarse complicaciones como el «golpe de calor», que en casos severos puede provocar desmayos.

#### El ADN y la radiación UV

El **ADN** (ácido desoxirribonucleico) es una **molécula presente en el interior de las células** que **almacena la información genética** necesaria para el desarrollo y funcionamiento de los organismos. La **mitosis**, por su parte, es el proceso más común

de **división celular** y resulta fundamental para la vida.

Cuando el **ADN** de una célula **sufre modificaciones**, estas **pueden transmitirse a las células hijas durante la división celular**. Si este proceso ocurre de manera descontrolada y supera la capacidad de reparación del organismo, puede dar lugar al desarrollo de cáncer; a este fenómeno se le conoce como *proliferación*. En términos generales, **no existe una única causa para el crecimiento de células cancerosas**; sin embargo, se han identificado diversos factores de riesgo, como el consumo de tabaco, la exposición a fuentes radiactivas y la radiación solar.

La radiación solar puede interactuar directamente con el ADN. En particular, **los rayos UV tienen la capacidad de provocar daños en esta molécula**, como rupturas en su estructura, lo que puede desencadenar la aparición y proliferación de células cancerosas. No obstante, **este proceso es probabilístico y depende de múltiples factores**, entre ellos la predisposición genética, la alimentación y el tiempo de exposición. Incluso, en muchos casos, la radiación puede no interactuar con el ADN debido a las dimensiones tan pequeñas.

### El tiempo de exposición solar

Cuando la radiación solar no alcanza niveles elevados de energía para el organismo, la exposición al Sol puede resultar beneficiosa, por lo que es importante conocer los periodos en los que esta exposición es más segura. Comúnmente, se afirma que a las doce del día se recibe la mayor cantidad de radiación solar; sin embargo, el máximo de radiación ocurre a lo largo de un intervalo de tiempo y no en una hora exacta. **Entre las 10:00 a.m. y las 2:00 p.m. se recibe aproximadamente el 60 % de la energía térmica total del día**, y es durante este periodo cuando la luz ultravioleta se presenta en

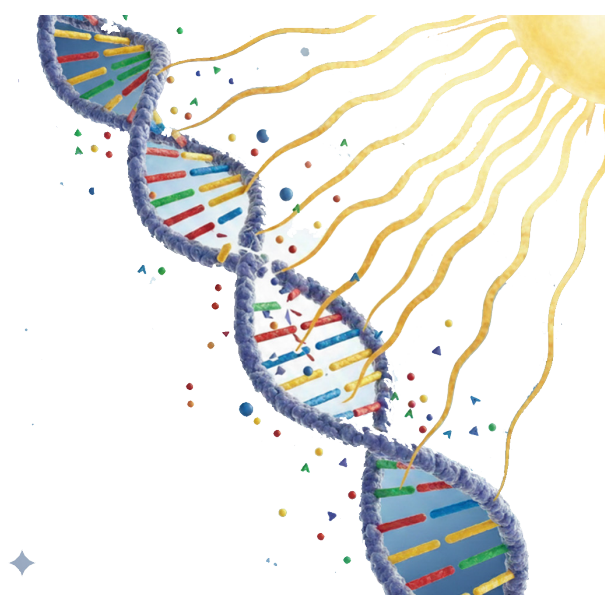
mayores proporciones en comparación con el resto de la jornada.

Este patrón también **varía a lo largo del año**: durante el **invierno se recibe una menor cantidad de energía solar que en verano**, por lo que la exposición suele ser menos intensa y, en general, menos riesgosa.

Algunas medidas de precaución al exponerse al Sol, especialmente entre las 10:00 a.m. y las 2:00 p.m., incluyen el **uso de protector solar, gorra**, así como **ropa que cubra la piel**, como camisas de manga larga y pantalones. Asimismo, se recomienda **permanecer en la sombra o resguardarse en interiores**. Aun así, parte de los rayos UV puede penetrar ventanas, paredes y techos de los edificios, por lo que el **uso de protector solar también se recomienda en espacios cerrados**, como casa, trabajo o escuela.

Mantener una **alimentación equilibrada** —rica en frutas y verduras—, una adecuada **hidratación**, el uso de **ropa protectora** y la aplicación de **protector solar** son medidas que contribuyen a prevenir daños en la piel y otros efectos asociados a la exposición solar. El **tiempo de exposición** también es un factor clave. En este sentido, la exposición al Sol no es perjudicial si se realiza con las precauciones adecuadas.

Recuerda: **el Sol es fundamental para la vida en la Tierra.**



División de Salud del Ejército-Divsal. (sin fecha). *Cuidados cuando nos exponemos a la Radiación UV*. <https://www.youtube.com/watch?v=5zkovlO1FCM>

Mutual de Seguridad CChC. (sin fecha). *Video radiación*

*ultravioleta de origen solar*. <https://www.youtube.com/watch?v=k84XK2lhmb8>

TikTak Draw. (sin fecha). *¿Qué es la radiación? | Draw My Life*. <https://www.youtube.com/watch?v=RYdWPOFaaoA>

## ARTÍCULO

## ¿Debemos preocuparnos por las enfermedades no transmisibles?

Uriel Noé Solano-Candia y Rocío del Carmen Montoya-Pérez



Imagen creada por IA. Gemini.google.com

**Uriel Noé Solano-Candia.** Estudiante del Programa de Maestría en Ciencias en Biología Experimental, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [1415049d@umich.mx](mailto:1415049d@umich.mx)

**Rocío del Carmen Montoya Pérez.** Profesora e investigadora del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [rocio.montoya@umich.mx](mailto:rocio.montoya@umich.mx)

**Resumen**

Las enfermedades no transmisibles (ENT) son afecciones crónicas de origen multifactorial (genético, ambiental y conductual) que representan el 74 % de la mortalidad a nivel mundial, con un impacto particularmente severo en los países en desarrollo. Entre los principales grupos se encuentran las enfermedades cardiovasculares —responsables de más de la mitad de las muertes por ENT—, las afecciones neurológicas como el Alzheimer, la diabetes mellitus, las enfermedades pulmonares y diversos tipos de cáncer. Factores de riesgo modificables, como el tabaquismo, el consumo de alcohol, la obesidad y el sedentarismo, desempeñan un papel determinante en su desarrollo y progresión. Por ello, la prevención, basada en la detección temprana y en la promoción de estilos de vida saludables, resulta fundamental para mitigar esta problemática de salud pública del siglo XXI.

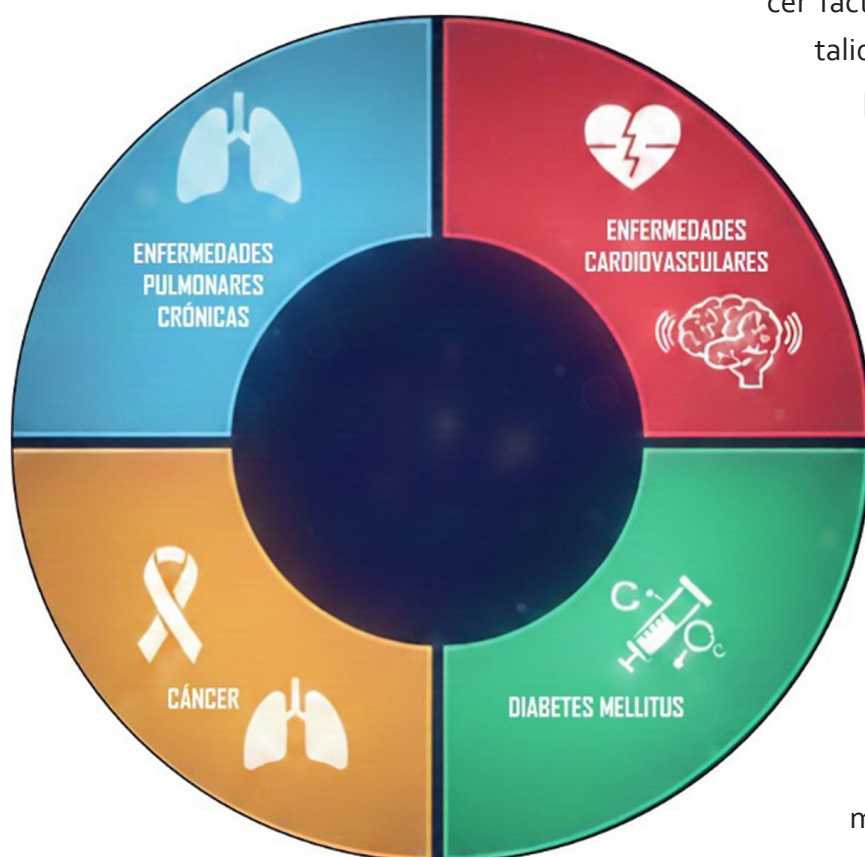
**Palabras clave:** Cáncer, crónicas, diabetes, enfermedades no transmisibles.

RECIBIDO: 13/09/2024; ACEPTADO: 14/03/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

### ¿Qué son las enfermedades no transmisibles?

Alguna vez te has preguntado si todas las enfermedades son contagiosas? Si tu respuesta es sí, déjame decirte que estás leyendo el artículo correcto, ya que aquí se aborda un grupo de afecciones conocidas como **enfermedades no transmisibles (ENT)**. Como su nombre lo indica, se trata de **padecimientos crónicos que no se transmiten de persona a persona y que resultan de la interacción de factores fisiológicos, genéticos, ambientales y conductuales**.

Pero, ¿cuál es su importancia? De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2023 **este tipo de enfermedades fue responsable del 74 % de todas las muertes anuales a nivel mundial (alrededor de 41 millones)**. Además, se ha identificado que las ENT contribuyen al aumento de la pobreza, especialmente en países en vías de desarrollo. Diversas investigaciones señalan que **las personas de estratos socioeconómicos más bajos enferman con mayor frecuencia y mueren a edades más tempranas** en comparación con aquellas de niveles socioeconómicos más altos. Esto se relaciona, en gran medida, con una mayor exposición a factores de riesgo, como el tabaco y el consumo de alcohol, así como con un acceso limitado a los servicios de salud.



### Enfermedades no transmisibles más comunes

Si bien existe una gran variedad de ENT, las principales se agrupan en cinco categorías.

- 1. Enfermedades cardiovasculares.** Dentro de este grupo se incluyen la enfermedad cerebrovascular, la cardiopatía reumática, las trombosis venosas, la enfermedad arterial periférica y las cardiopatías congénitas. Estas enfermedades representan aproximadamente el 54 % del total de muertes anuales a nivel mundial.
- 2. Enfermedades neurológicas.** Son aquellas que ocasionan daños permanentes en el sistema nervioso, lo que puede traducirse en alteraciones motoras, del lenguaje, de la comprensión y de la memoria. Se estima que una de cada seis personas en el mundo desarrollará algún tipo de enfermedad neurológica a lo largo de su vida. Dentro de este grupo, la enfermedad de Alzheimer es una de las más frecuentes; afecta principalmente a adultos mayores y provoca un deterioro progresivo de funciones como el pensamiento, la memoria y la capacidad para llevar a cabo actividades cotidianas.
- 3. Diabetes mellitus.** Constituye una de las principales emergencias de salud en la actualidad. En la hiperglucemia crónica se reconoce el tercer factor de riesgo más importante de mortalidad prematura. Uno de los principales problemas asociados es el alto número de personas que desconocen su diagnóstico, lo que retrasa o impide un tratamiento oportuno en las etapas iniciales. Organizaciones gubernamentales estiman que cerca del 13 % de los adultos norteamericanos presentan algún tipo de diabetes.
- 4. Cáncer.** Es el tipo de ENT más relevante del siglo XXI, tanto por su impacto en la salud como por su carga económica. En México, representa la tercera causa de muerte, siendo los tipos más comunes el cáncer de pulmón, el



Imagen creada por IA. Gemini.google.com

colorrectal y el de mama. Su incidencia ha aumentado de manera sostenida en las últimas décadas, en conjunto con la diabetes; la OMS reportó un aumento de un millón de nuevos casos en 2012 y se prevé que continúe en incremento.

5. **Enfermedades pulmonares.** Dentro de este grupo destaca la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), caracterizada por una limitación persistente del flujo de aire y la presencia de diversos síntomas respiratorios. Estos se asocian principalmente con enfermedades de las vías aéreas y con el desarrollo de enfisema pulmonar. Esta afección es particularmente grave en personas fumadoras y en adultos mayores. A pesar de su alta prevalencia, es en gran medida prevenible y tratable.

### Factores de riesgo

Existen factores de riesgo bien establecidos; entre los más importantes se encuentran:

**Tabaquismo.** El consumo de tabaco es una de las principales causas del desarrollo de ENT a nivel mundial. Actualmente, se estima que existen alrededor de mil trescientos millones de fumadores en el mundo. En México, más de dieciséis millones de personas mayores de 20 años son fumadoras, y cerca de un millón corresponde a menores de 19 años. El consumo de tabaco se asocia estrechamente con

el desarrollo de diversas ENT, como enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias crónicas, diabetes y cáncer. En este último caso, se ha reportado que el tabaquismo está relacionado con aproximadamente el 73 % de las muertes por cáncer de pulmón y el 32 % de las muertes por cáncer de estómago.

**Alcoholismo.** Aunque el consumo moderado de alcohol se ha asociado, en algunos estudios, con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares, estos posibles beneficios deben interpretarse con cautela. Se ha sugerido que el vino tinto, en particular, podría aportar efectos positivos debido a su contenido de antioxidantes y compuestos fenólicos, que pueden contribuir a la salud cardiovascular.

No obstante, el consumo excesivo de alcohol está claramente vinculado con múltiples riesgos para la salud. Su abuso puede provocar diversos trastornos hepáticos, entre ellos la enfermedad hepática crónica, que puede progresar a cirrosis y cáncer de hígado. Asimismo, se asocia con un mayor riesgo de insuficiencia cardíaca y de eventos cerebrovasculares, los cuales pueden ocasionar discapacidades graves o incluso la muerte. Además, el consumo excesivo de alcohol se relaciona con un incremento en la incidencia de varios tipos de cáncer, entre ellos los de boca, garganta, esófago, hígado, colon y mama.

**Sobrepeso y obesidad.** El sobrepeso y la obesidad desempeñan un papel importante en el desarrollo de las ENT más comunes. Además, la obesidad constituye un factor predictor clave para la aparición de diabetes y resistencia a la insulina. El ritmo de vida actual ha favorecido el incremento en la prevalencia de ambas condiciones, lo que a su vez contribuye a la progresión y complicación de diversas ENT. Por ejemplo, en el caso de las enfermedades cardiovasculares, pueden presentarse eventos como el accidente cerebrovascular isquémico. De acuerdo con datos del gobierno mexicano, aproximadamente el 70 % de la población presenta sobrepeso, y de este grupo, más de una tercera parte vive con obesidad.

**Inactividad física.** La falta de actividad física se asocia con un mayor riesgo de mortalidad por diversas causas, incluidas las enfermedades previamente mencionadas. Un estilo de vida sedentario constituye un factor de riesgo bien establecido para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, obesidad y síndrome metabólico. De acuerdo con la OMS, más de una cuarta parte de la población mundial adulta no alcanza niveles suficientes de actividad física. Esta situación es aún más preocupante en países de altos ingresos, donde la inactividad física es aproximadamente el doble de frecuente que en países en desarrollo.

A pesar del amplio conocimiento sobre los factores de riesgo asociados a las ENT, aún existen

mecanismos que no se comprenden completamente y que continúan siendo objeto de investigación.

### ¿Se pueden prevenir las ENT?

Afortunadamente, **muchos de los factores de riesgo asociados a las ENT pueden modificarse.** Por ejemplo, **reducir el consumo de tabaco y alcohol** genera efectos benéficos en la salud de quienes los consumen. No obstante, la adopción de estilos de vida más saludables y la disminución de factores de riesgo prevenibles deben impulsarse de manera conjunta entre la población y las autoridades competentes. Asimismo, es fundamental **identificar nuevos factores de riesgo y desarrollar programas adecuados de prevención y detección oportuna** que contribuyan a reducir la carga sobre los sistemas de salud.

En este contexto, **resulta clave la difusión de información sobre salud pública**, tanto para la prevención como para la búsqueda de protocolos y tratamientos más eficaces. Las ENT no solo afectan la salud de quien las padece, sino que **también tienen repercusiones en su economía, sus relaciones interpersonales y su calidad de vida**, además de aumentar el riesgo de desarrollar otras afecciones que dificultan sus actividades cotidianas. Su impacto en la mortalidad y en la calidad de vida es significativo.

Por ello, es **fundamental el compromiso colectivo** para enfrentar estos desafíos de manera efectiva y promover estilos de vida saludables en beneficio de las generaciones presentes y futuras.



Espinosa-Brito A.D. (2023). Salud, complejidad y enfermedades no transmisibles. *Revista Finlay*, 13(2), 216-230. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2221-24342023000200216](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342023000200216)

Rangel-Caballero L.G., Gamboa-Delgado E.M. y Murillo-López A.L. (2017). Prevalencia de factores de riesgo comportamentales modificables asociados a

enfermedades no transmisibles en estudiantes universitarios latinoamericanos: una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 34(5), 1185-1197. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112017000500024](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112017000500024)

World Health Organization. (2023). *Noncommunicable diseases*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>

# TECNOLOGÍA

## Navegando el futuro: Vehículos eléctricos acuáticos

Nandinii Barbosa-Cendejas e Israel Roberto Serafín-Zúñiga



Imagen creada por IA. Gemini.google.com

**Israel Roberto Serafín-Zúñiga.** Profesor de la Facultad de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Vasco de Quiroga. Morelia, Michoacán.  
[iserafin@uvaq.edu.mx](mailto:iserafin@uvaq.edu.mx)

**Nandinii Barbosa-Cendejas.** Profesor e investigador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.  
[nandinii.barbosa@umich.mx](mailto:nandinii.barbosa@umich.mx)

### Resumen

Don Rafa, pescador de toda la vida, recuerda el ruido de los motores y el olor a gasolina. Hoy navega en silencio sobre aguas limpias gracias a un motor eléctrico. Este artículo narra cómo las embarcaciones eléctricas están transformando el transporte acuático, protegiendo los ecosistemas y reduciendo la contaminación. Desde embarcaciones recreativas hasta soluciones de transporte colectivo, esta tecnología avanza con fuerza. La historia de don Rafa no solo ilustra este cambio, sino que también invita a imaginar futuros posibles en los que tú podrías formar parte de la transformación, como ingeniera o ingeniero comprometido con un mundo más sostenible.

**Palabras clave:** Innovación tecnológica, transporte sostenible, vehículos eléctricos.

RECIBIDO: 16/07/2025; ACEPTADO: 06/11/2025;  
PUBLICADO: 30/04/2026

Despierto con el aire fresco y húmedo de Pátzcuaro envolviendo la mañana. La neblina flota sobre el agua como un susurro antiguo, y sé que este no es un día cualquiera: estoy por comenzar una aventura en la que la ciencia y la naturaleza se entrelazan. Llego caminando al muelle, mientras admiro el paisaje y reflexiono sobre el significado de Michoacán: *lugar de pescadores*.

El sol se refleja en las aguas mientras los pescadores de la región se preparan para iniciar su jornada. En lugar del ruido de los motores y el olor a gasolina quemada, se percibe el suave murmullo del agua y, a lo lejos, el canto de las aves que habitan entre las plantas acuáticas, creciendo en armonía con su entorno. Mientras espero en la fila de visitantes para abordar el transporte hacia Janitzio, respiro profundamente el aroma del campo, limpio y fresco, recordando que un futuro en el que la naturaleza y la tecnología coexistan en equilibrio es posible.

La fila comienza a avanzar y los pasajeros

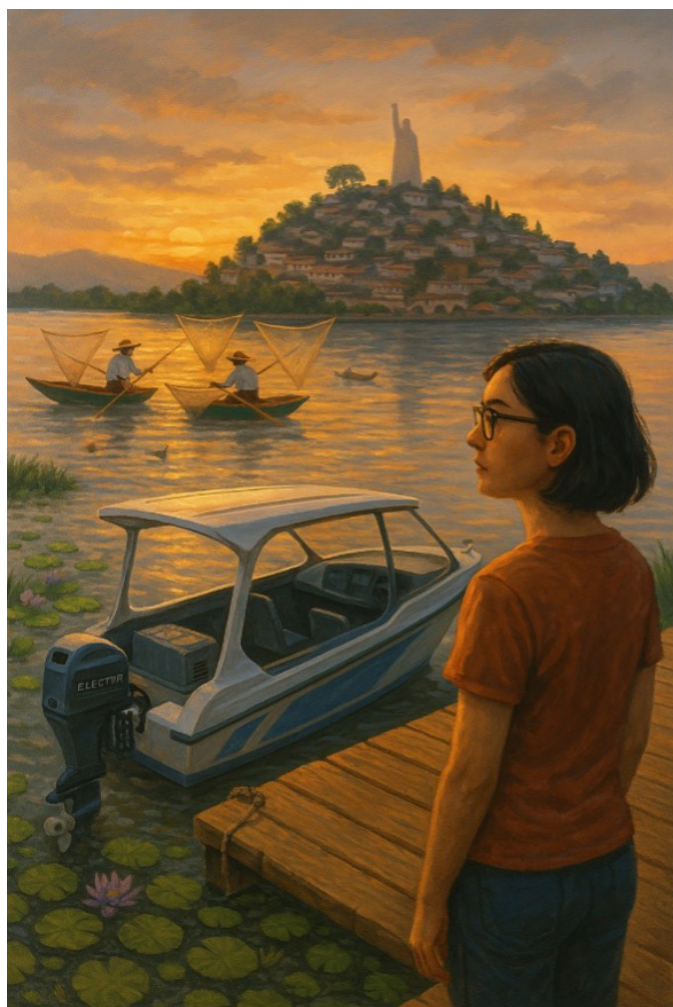


Ilustración generada con IA (ChatGPT, DALL-E, OpenAI, julio de 2025).

suben a los nuevos botes eléctricos que se deslizan silenciosamente hacia la isla sin perturbar la serenidad del entorno. De algún modo, estas notas sutiles de tecnología se integran con gracia al paisaje. Con la emoción a flor de piel, llego a mi bote eléctrico; los pasajeros se acomodan y me encuentro junto a don Rafa, el conductor, quien nota mi asombro y me dice:

—Mire, joven, cuando yo era chamaco, todos los botes aquí en el lago eran de motor de gasolina, ruidosos y contaminantes. Con el tiempo, empezaron a llegar motores más eficientes, pero seguían echando humo. Hoy, ya no es lo mismo; los nuevos botes eléctricos que han traído no solo son silenciosos, sino que también respetan el agua y el aire que nos dan vida. ¡Quién iba a pensar que veríamos estos avances aquí en Pátzcuaro! —

Aquellas palabras detonan en mi mente una cascada de ideas. Cuando pensamos en la forma en que los seres humanos nos transportamos, inevitablemente surgen imágenes de vehículos terrestres y acuáticos. Durante décadas, hemos dependido de motores de combustión interna que funcionan con gasolina, especialmente en las ciudades. Esta dependencia ha generado múltiples problemas: contaminación atmosférica y acústica, emisiones de gases de efecto invernadero y residuos químicos de aditivos, entre otros daños al medioambiente.

Hoy, estos problemas se han agravado, y encontrar alternativas que permitan mantener la movilidad sin destruir el entorno es un desafío urgente. En este contexto, la investigación científica y el desarrollo tecnológico desempeñan un papel fundamental. Los vehículos eléctricos ofrecen una respuesta a esta crisis; sin embargo, muchas personas aún asocian el concepto únicamente con autos particulares costosos e inaccesibles. Es crucial cambiar esta percepción y abrir la mirada hacia una diversidad de opciones: bicicletas, motocicletas, trenes, patines, lanchas, yates y, sobre todo, transporte colectivo eléctrico.



Ilustración generada con IA (ChatGPT, DALL-E, OpenAI, julio de 2025).

La historia de los vehículos eléctricos acuáticos comenzó a tomar fuerza a inicios del siglo XXI, impulsada por la preocupación ante la creciente contaminación de los cuerpos de agua y sus efectos sobre la fauna y la flora. El desarrollo fue lento debido a las limitaciones tecnológicas. El principio de funcionamiento de estos vehículos se basa en tres elementos esenciales: el motor eléctrico, la batería y un diseño eficiente. Si bien el motor eléctrico es una tecnología consolidada, los mayores esfuerzos se han centrado en mejorar las baterías —especialmente las de iones de litio, como las que usamos en los teléfonos móviles— y optimizar el diseño hidrodinámico de las embarcaciones mediante materiales más ligeros y formas más eficientes.

Los beneficios ambientales de estos vehículos son notables. Al eliminar las emisiones de bióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, contribuyen a mitigar el cambio climático y mejoran la calidad del aire en zonas lacustres y costeras. Además, al operar de forma casi silenciosa, reducen significativamente la contaminación acústica que afecta gravemente a la fauna marina. La ausencia de derrames de aceites y

combustibles previene la contaminación del agua, lo que favorece la conservación de la biodiversidad acuática. Su eficiencia energética también implica un menor consumo de recursos, mientras que su integración con fuentes renovables, como la solar o la eólica, multiplica su valor ecológico.

Actualmente, países como Noruega han logrado implementar ferris eléctricos para el transporte público, y en el mercado ya se encuentran disponibles yates, taxis acuáticos y embarcaciones recreativas completamente eléctricas. Esta tecnología, que alguna vez pareció futurista, ya es una realidad y representa el camino hacia un transporte acuático más limpio, eficiente y responsable.

Con los ojos puestos en don Rafa, mientras evoca los días en que los motores ruidosos dominaban el lago, su mirada se llena de esperanza al ver cómo las nuevas embarcaciones eléctricas se deslizan con respeto sobre el agua. Este cambio no solo preserva la belleza natural del entorno, sino que marca un nuevo capítulo en la historia del transporte colectivo.

Al adoptar tecnologías limpias, reducimos emisiones, protegemos nuestros ecosistemas y mejo-

ramos la calidad de vida. Los vehículos eléctricos acuáticos no son solo un logro tecnológico: son una promesa de futuro. Como don Rafa, todos podemos ser parte de esta transformación, apoyando y eligiendo soluciones que cuiden el planeta, para que las generaciones futuras también puedan disfrutar de las aguas cristalinas y los paisajes que hoy nos conmueven.

El bote se detiene. Llego a Janitzio, me despidió de don Rafa con una sonrisa y el corazón lleno de entusiasmo. Camino hacia el centro de carga de paneles solares instalado por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, donde comenzaré mis prácticas profesionales. Sé que en los próximos seis meses aprenderé, pero también contribuiré, desde la ingeniería, a imaginar y construir un mundo mejor.

Lograr que el escenario de esta historia se convierta en una realidad cotidiana está cada vez más cerca. Sin embargo, los vehículos eléctricos acuáticos aún enfrentan desafíos importantes, tanto tecnológicos como económicos, que dificultan su adopción masiva. La dependencia de tecnologías avanzadas y materiales costosos —como el litio en las baterías— encarece su

producción. Además, la infraestructura de carga en puertos y marinas es aún limitada o inexistente, y su instalación requiere una inversión considerable.

Pero no todo está perdido: estos vehículos ya son una realidad en varias regiones del mundo. Mientras continuamos construyendo este camino, cada uno de nosotros tiene la responsabilidad de contribuir, ya sea desarrollando nuevas tecnologías o apoyando su adopción como parte de un transporte sostenible para la movilidad humana.



Vehículo acuático eléctrico (Ilustración generada con IA, ChatGPT (DALL-E, OpenAI), julio de 2025)



Boulanger A.G., Chu A.C., Maxx S. y Waltz D.L. (2013). Vehicle electrification: Status and issues. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(9), 525-531. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.07.005>

Castillo-Medina A.G., López-Espinel E.F., Pineda-Silva G.V. y Rodas-Buenanõ J.A. (2024). Examen de la transición hacia la movilidad eléctrica: impacto de la infraestructura de carga en la adopción de vehículos eléctricos enchufables. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 11(2). Vista de examen de la tran-

sición hacia la movilidad eléctrica: impacto de la infraestructura de carga en la adopción de vehículos eléctricos enchufables.

Pérez-Velázquez A. E., Barbosa-Cendejas N., Serafin Zuñiga I. R., Ortega-Ocampo E., Damian-Millan J. J. y Nambo-Escamilla J. (2023). «Prototipo de una lancha eléctrica sacalirios: Una contribución al desarrollo sostenible desde la ingeniería». *Memorias del 18 Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 1(1), pp. 1-6. ISSN: 3061-7669.

# UNA PROBADA DE CIENCIA

## *El origen de las especias*

Horacio Cano Camacho



<https://pixabay.com/es/photos/comida-especias-cocina-3251064/>

Imagine por un momento que ha llegado la hora de comer. Usted va al refrigerador, saca un trozo de carne de res —muy tierna, eso sí—, pero todavía fría. La deja atemperarse un rato y luego la deposita en una olla con agua. La pone a cocer durante una hora. La retira, la escurre y la sirve en un plato. Tal vez la acompaña con una zanahoria, media papa y una calabaza, también hervidas. ¡Uf, qué banquete!

No sabe a nada. Es como masticar corcho. Si no fuera por las verduras, aquello sería aún más incomible.

La escena es deliberadamente incómoda, casi grotesca. Pero sirve para plantear una pregun-

**Horacio Cano Camacho**, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[horacio.cano@umich.mx](mailto:horacio.cano@umich.mx)

ta que, a primera vista, parece trivial: ¿cómo sería nuestra comida sin especias? ¿Qué tanto de lo que hoy entendemos como «sabor» depende de ellas? Y, más aún, ¿qué historias —no precisamente amables— están detrás de ese gesto cotidiano de sazonar un platillo?

En ocasiones me pregunto cómo habría sido la alimentación en Europa sin el impacto profundo de ingredientes provenientes de otros lares. Imagine la cocina italiana sin jitomate —que llegó de América— o la pasta sin la influencia asiática; una Bélgica sin papas ni cacao; una Francia sin vainilla. En fin, un continente entero sin esa red de intercambios que hoy damos por sentada. Y, sobre todo, sin esas pequeñas partículas aromáticas que cambiaron para siempre la manera de comer: las especias.

Esto lo pienso mientras leo *El origen de las especias*, del divulgador noruego Thomas Reinertsen Berg (Godot Ediciones, 2024). Se trata de un ensayo brillante que propone una idea tan sencilla como poderosa: contar la historia del mundo a partir de la relación de las sociedades con las especias.

Reinertsen Berg construye un relato que, aunque profundamente documentado, se lee con

la fluidez de una crónica. Lo notable es su enfoque: desplaza al ser humano del centro absoluto de la narración para colocar en su lugar a estos diminutos agentes que, sin hacer ruido, movieron imperios.

Las especias son, en sentido amplio, partes de plantas aromáticas —semillas, cortezas, raíces, frutos, flores— que se utilizan en pequeñas cantidades para dar sabor, aroma, color o incluso conservar alimentos. No son lo mismo que las hierbas: estas suelen ser hojas frescas o secas, mientras que las especias provienen de estructuras más concentradas.

Sin embargo, incluso esta definición es problemática. Tiene un sesgo claro: es, en buena medida, una definición europea. Durante siglos, Europa llamó «especias» a aquello que llegaba de Asia —y solo a eso—, ignorando o minimizando la enorme diversidad de ingredientes aromáticos presentes en otras regiones del mundo. No era una cuestión inocente: nombrar es también jerarquizar.

De Asia llegaron algunas de las especias más codiciadas: la pimienta negra (India), la canela (Sri Lanka), el clavo de olor y la nuez moscada (Indonesia), el cardamomo, el jengibre, la cúrcuma, el anís



Imagen creada por IA. Gemini.google.co

estrellado (China). Su impacto fue tan profundo que transformó la cultura culinaria europea. Pero no solo eso: generó una obsesión.

Europa descubrió que en otras tierras se comía mejor —o, al menos, con mayor complejidad— y decidió que debía acceder a esos sabores a cualquier costo. Lo que siguió no fue una historia romántica de descubrimientos, sino una cadena de expediciones impulsadas por el comercio, que derivaron en monopolios, violencia, explotación y despojo. Las rutas de las especias no fueron solo caminos comerciales: fueron también rutas de dominación.

Y, sin embargo, el mundo seguía siendo más grande de lo que Europa imaginaba.

La llegada a América —buscando, irónicamente, una ruta más corta hacia el continente asiático— abrió un nuevo capítulo. Aquí encontraron ingredientes que no encajaban en su esquema mental. No eran «especias», al menos no según su definición. Pero lo eran.

Ahí estaban los chiles, con su complejidad de picor y aroma; la vainilla, con su perfil dulce y profundo; el achiote, el epazote, el orégano mexicano; la pimienta gorda del Caribe; el cacao, que no solo era bebida ritual, sino también un modulador de sabor.

Al principio no supieron qué hacer con ellos. Pero, como suele ocurrir, terminaron incorporándolos.

A estos se sumaron ingredientes de África y, en menor medida, de Oceanía. El resultado fue un fenómeno que hoy nos parece natural, pero que es profundamente histórico: la cocina como espacio de fusión. No una fusión superficial o de moda, sino una integración lenta, conflictiva y, muchas veces, violenta de tradiciones, productos y técnicas.

Por eso resulta curioso —y a veces irritante— encontrarse con ciertos «fundamentalismos» culinarios: posturas que defienden la pureza de los platos como si fueran entidades fijas, inmutables. Como si la cocina no fuera, precisamente, el resultado de la mezcla.

La comida es, ante todo, adaptación. Las comunidades cocinan con lo que tienen a la mano,



pero también con lo que incorporan. Los platos no son reliquias: son organismos vivos. Se transforman, migran, se reinterpretan.

Piense en un mole mexicano sin especias asiáticas, en una paella sin los intercambios globales, en una pizza sin el tomate americano. Resulta imposible. La cocina moderna —la que hoy defendemos como tradición— es, en realidad, una construcción híbrida.

Y ahí está uno de los grandes méritos del libro de Reinertsen Berg: recordarnos que detrás de cada sabor hay una historia. Y que esa historia no siempre es amable.

Lea este ensayo. No solo para entender el origen de las especias, sino para comprender algo más profundo: cómo el mundo que habitamos —sus rutas, sus intercambios, sus desigualdades— también se puede leer en un plato.

Porque, al final, sazonar no es un gesto menor. Es, sin saberlo, participar en una historia larga, compleja y compartida.

# LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

## Los maravillosos hongos micorrícicos arbusculares

Linda Yajahira Toledo-Esquivel y Mariela Gómez-Romero



<https://pixabay.com/es/photos/champi%C3%B1%C3%B3n-hongos-suelo-del-bosque-7533094/>

**Linda Yajahira Toledo-Esquivel.** Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[1131973h@umich.mx](mailto:1131973h@umich.mx)

**Mariela Gómez-Romero.** Investigadora por México, SECIHTI, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[mariela.gomez@umich.mx](mailto:mariela.gomez@umich.mx)

### Resumen

Hace millones de años ocurrió en el planeta un acontecimiento de gran relevancia: las plantas se abrieron paso sobre la superficie terrestre. Durante este proceso de transición, la evidencia científica sugiere que los hongos micorrícicos arbusculares desempeñaron un papel fundamental al facilitar este avance. Pero, ¿qué son estos hongos? En este artículo te invitamos a conocer más sobre su fascinante vida y su importancia, a pesar de que suelen ser poco familiares para la mayoría de las personas.

**Palabras clave:** Diversidad, interacciones, hongos, micorriza arbuscular.

### Comencemos con esta historia de interacción

Seguramente, si te preguntan sobre los hongos micorrícicos arbusculares, podrías no saber de qué se trata; ¡pero no te preocupes!, aquí te contamos la historia desde el principio.

La historia de los hongos micorrícicos arbusculares —que abreviaremos como HMA— se remonta a hace más de 400 millones de años, cuando las plantas comenzaron a colonizar la superficie terrestre. De hecho, existe evidencia de que los HMA desempeñaron un papel clave en este proceso. Esto fue posible gracias a que proporcionaron a las plantas importantes ventajas adaptativas y establecieron una relación estrecha que aún persiste en la actualidad, conocida como micorriza arbuscular.

Esta interacción benéfica ocurre entre los HMA y aproximadamente el 80 % de las plantas terrestres, lo que indica que la gran mayoría de las especies vegetales establecen este tipo de asociación. Además, estos hongos no solo están presentes en numerosas plantas, sino que también se encuentran en una amplia variedad de ecosistemas y tipos de suelo.

### ¿Los has visto? Conozcamos su papel en la naturaleza

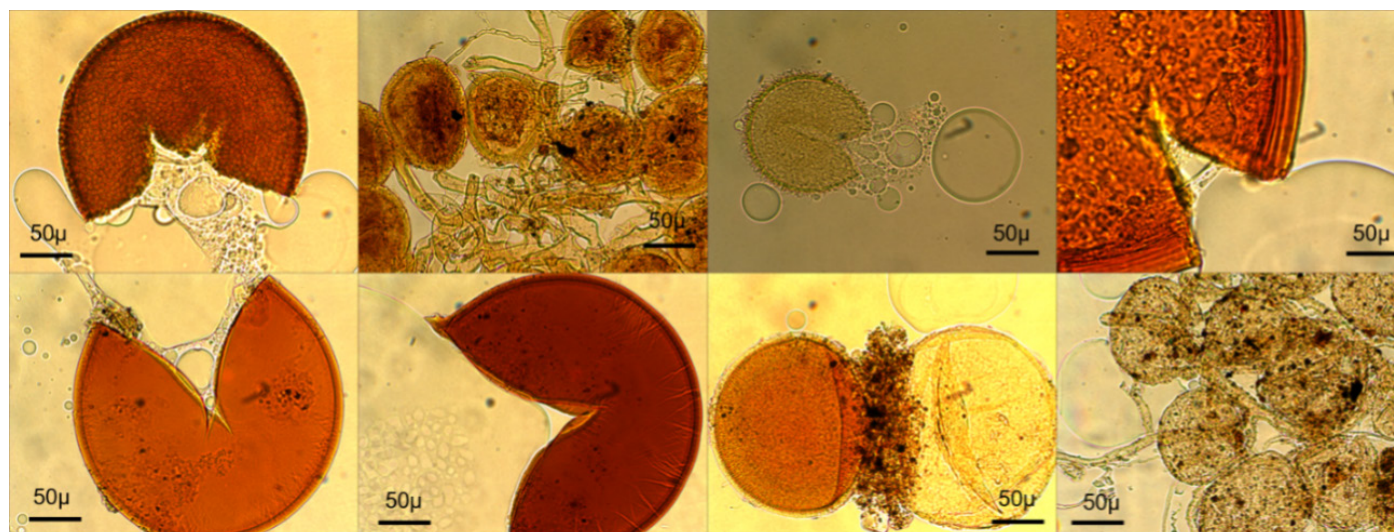
Seguramente te estarás preguntando si alguna vez los has visto, considerando que están presentes en casi todos los ambientes y en la mayoría de las plantas. Lo más probable es que no, aunque en la vida cotidiana estamos familiarizados con algunas especies de hongos. Si has visitado un bos-

que, es probable que hayas observado algunos de ellos: de formas curiosas y una gran variedad de colores.

Sin embargo, los HMA, a pesar de su amplia distribución en la naturaleza, permanecen ocultos a simple vista debido a su tamaño microscópico. Habitan en el suelo cercano a las raíces (o en ellas) de las plantas, por lo que es necesario utilizar un microscopio para poder observarlos. Pero no te desanimes: a continuación, te presentamos algunas imágenes para que puedas conocerlos.

¿Verdad que son sorprendentes? Lo que estás observando se denomina esporas, y existe una gran diversidad de ellas. Algunas presentan ornamentaciones, otras se agrupan formando estructuras que parecen una maraña de bolitas, mientras que algunas son tan diminutas que resulta difícil capturarlas en fotografía, y otras destacan por su gran tamaño.

Entre las esporas de HMA de mayor tamaño se encuentran las pertenecientes a la familia Gigasporaceae (como la de la imagen al final de este párrafo), que realmente destacan por sus dimensiones. Por ejemplo, *Gigaspora gigantea* hace honor a su nombre, ya que puede alcanzar hasta 400 micrómetros (0.04 centímetros). Otra especie aún más grande es *Scutellospora scutata*, que puede llegar a medir hasta 640 micrómetros (0.064 centímetros). Aunque estas medidas pueden parecer pequeñas en comparación con otros organismos, dentro de las esporas de HMA son considerables, puesto que la mayoría oscila entre 60 y 200 micrómetros.



A pesar de que no pueden observarse a simple vista, estas estructuras desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas. Los HMA cuentan con filamentos muy finos llamados hifas, que funcionan como una extensión de las raíces de las plantas, permitiéndoles acceder a agua y nutrientes minerales que, de otro modo, serían difíciles de obtener.

Esta interacción que establecen con las plantas por medio de las raíces es una asociación benéfica. A cambio de los nutrientes que obtienen gracias a los hongos, las plantas les proporcionan entre el 3 % y el 20 % de los productos de la fotosíntesis, principalmente azúcares. Este intercambio permite que los hongos mantengan su actividad metabólica y continúen explorando el suelo.

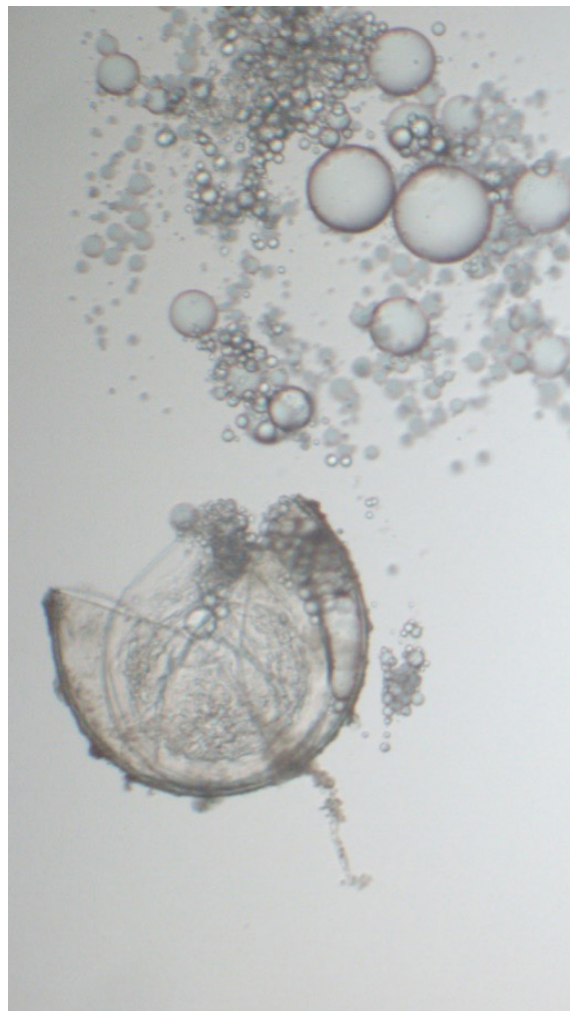
El intercambio de compuestos ocurre en estructuras especializadas llamadas arbuscúlos, que se localizan en el interior de las raíces y presentan una forma similar a pequeños árboles. Es importante señalar que las hifas penetran en la raíz y, una vez en su interior, continúan creciendo para formar tanto los arbuscúlos como estructuras de almacenamiento de lípidos conocidas como vesículas.

Cabe destacar que estas vesículas están ausentes en algunos géneros con esporas de gran tamaño, como *Gigaspora* y *Scutellospora*. En las siguientes imágenes, las vesículas se indican con la letra V, las hifas con H y las esporas con E. Las imágenes centrales y finales muestran una alta abundancia de vesículas.

Es posible que surja la duda de si también existen esporas dentro de la raíz, y la respuesta es sí: algunas esporas pueden formarse en su interior. No obstante, las observadas previamente fueron separadas del suelo.

¡Déjame contarte algo muy interesante! Cuando comienza a establecerse esta asociación, tanto la planta como el hongo liberan sustancias que les permiten reconocerse entre sí. ¡Es como para decir que se es amigo y no enemigo! El hongo emite señales para ser identificado por la planta, mientras que esta favorece la colonización del hongo en sus raíces. Se trata de un proceso de comunicación eficiente.

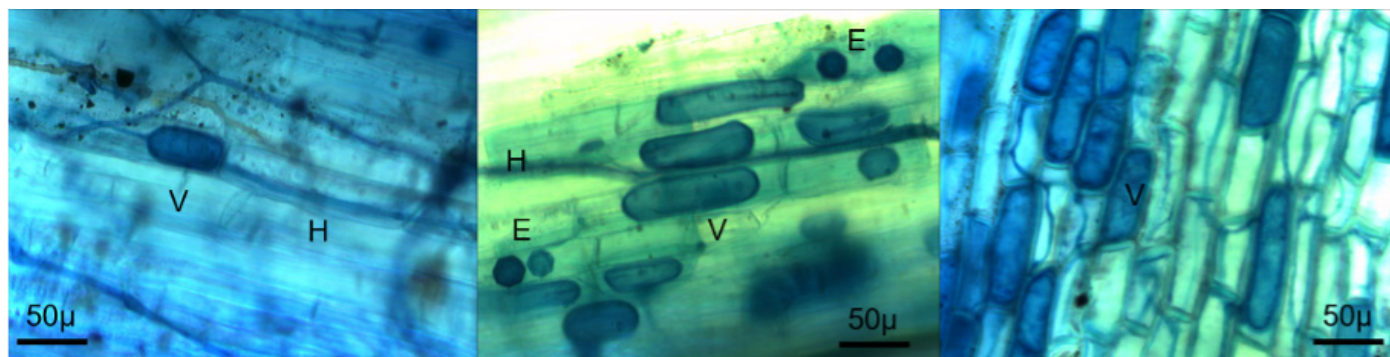
A estas alturas, los términos hongo micorrí-



cico y micorriza ya resultan más familiares. La palabra micorriza proviene de dos vocablos griegos: *mykes*, que significa 'hongo', y *rhiza*, que significa 'raíz'.

Tanto los HMA como las plantas han desarrollado estrategias que mantienen esta relación como una interacción benéfica, donde ninguno se aproveche del otro. Las plantas son capaces de detectar y favorecer a aquellos HMA que contribuyen de manera más eficiente al suministro de agua y nutrientes. Por su parte, los HMA tienden a asociarse con plantas que les proporcionan mayores cantidades de azúcares. ¡Curioso! ¿Verdad?

Además de mejorar la nutrición vegetal, los HMA ofrecen otros beneficios importantes: incrementan la tolerancia de las plantas frente a condiciones adversas como la sequía, la salinidad y la presencia de metales pesados, y también contribuyen a su protección contra patógenos, tanto foliares como de la raíz (estos últimos son como los malos de la película).



### ¡Curioso! ¡Son dispersados por animales!

Por otra parte, los HMA pueden ser dispersados por una gran variedad de fauna. Entre los organismos que participan en este proceso se encuentran hormigas, cochinillas, ácaros, milpiés y termitas. Sin embargo, no solo los animales de pequeño tamaño contribuyen a su dispersión; también pueden intervenir reptiles, aves, conejos, armadillos e incluso los seres humanos. Esta dispersión puede ocurrir cuando las esporas se adhieren al cuerpo de los animales, o bien mediante su ingestión y posterior liberación a través de las heces, o por la combinación de ambos mecanismos.

### Los hongos micorrícicos y la agricultura: Una gran aplicación

Otro aspecto relevante es que los HMA han sido utilizados en cultivos de interés agrícola, como el jitomate y el maíz, como una alternativa ecológica para mejorar la fertilidad del suelo y favorecer la disponibilidad de nutrientes. No obstante, es importante considerar que no todas las especies de HMA pueden introducirse indiscriminadamente, ya que esto podría alterar la acción de las comunidades nativas y generar competencia con otros de uso comercial.

Por ello, es fundamental estudiar los HMA propios de cada región y priorizar su uso. Este breve recorrido por el mundo de los HMA concluye aquí, con la intención de que ahora puedas reconocer su importancia y recordarlos como actores clave en los ecosistemas.



sabermás

Barrera-Berdugo S.E. (2009). El uso de hongos micorrícicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 7(1), 123-132. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biologia/article/view/706/334>

Jacott C.N., Murray J.D. y Ridout C.J. (2017). Trade-offs in arbuscular mycorrhizal symbiosis: disease resistance, growth responses and perspectives for crop

breeding. *Agronomy*, 7(4), 75. <https://www.mdpi.com/2073-4395/7/4/75>

Naranjo-Morán J.A., Vera-Morales M., Barcos-Arias M.S., Oviedo-Anchundia R.J., Sánchez-Rendón V. E. y Pino-Acosta A.Y. (2021). Dispersión y transporte de propágulos micorrícicos en el bosque seco tropical. *Ecosistemas*, 30(1), 2062-2062. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2062/1373>

## LA CIENCIA EN EL CINE

### *Proyecto Hail Mary o las amibas llegaron ya...*

Horacio Cano Camacho



**Horacio Cano Camacho**, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[horacio.cano@umich.mx](mailto:horacio.cano@umich.mx)

Por alguna razón extraña —y no del todo afortunada— la novela *Proyecto Hail Mary* (Nova, 2021), de Andy Weir, llegó a las salas de cine en México bajo el título *Proyecto fin del mundo* (EE. UU., 2026). Un cambio que, en mi opinión, traiciona el espíritu profundamente optimista del texto original: una historia especulativa deslumbrante que vale la pena comentar, aunque sea brevemente.

Ese ajuste —absurdo, si se me permite— tuvo un efecto curioso: el estreno pasó frente a mí sin que lo notara. Solo cuando mi hijo me explicó de qué trataba, las piezas encajaron y terminamos organizando una excursión familiar al cine.

Conviene hacer una pausa para entender el título. La expresión *Hail Mary* (Ave María) no tiene, fuera del ámbito religioso, un equivalente directo en español. En Estados Unidos se usa para descri-

bir una acción desesperada: ese momento en el que solo un milagro puede salvar la situación. En el fútbol americano, por ejemplo, es ese pase lanzado en los últimos segundos, casi a ciegas, esperando que alguien —en algún lugar— atrape el balón y cambie el destino del partido. Quizá, en México, lo más cercano sería un resignado «que sea lo que Dios quiera». Bajo esa luz, el título local empieza, tal vez, a tener cierto sentido.

Andy Weir, conocido por su ciencia ficción «dura», tiene una virtud rara: investiga con una precisión casi obsesiva, pero escribe con ligereza, con humor fino y con un ritmo que no concede tregua. Sus novelas se leen como se devoran las mejores series: con urgencia. Esa combinación —rigor científico y narrativa adictiva— no solo entretiene, sino que también acerca al lector a la ciencia con una naturalidad poco común. En ese sentido, Weir es, sin duda, un gran divulgador. Y la adaptación cinematográfica, hay que decirlo, no desmerece.

La historia comienza con una escena que descoloca: un hombre despierta en una «cama» desco-

nocida, conectado a sondas, atendido por brazos robóticos que cuelgan del techo. Una voz —metálica, impersonal— le lanza una pregunta absurda: ¿Cuánto son dos y dos? No puede responder al momento, pero luego de un esfuerzo titánico, lo logra. La siguiente pregunta es aún más extraña: ¿Cuál es la raíz cúbica de ocho? Así, entre interrogantes elementales y lagunas mentales, comienza a reconstruir quién es.

Su nombre es Ryland Grace. Es astronauta. Y es, aparentemente, el único sobreviviente de una misión rumbo a Tau Ceti, una estrella a 11.9 años luz de la Tierra.

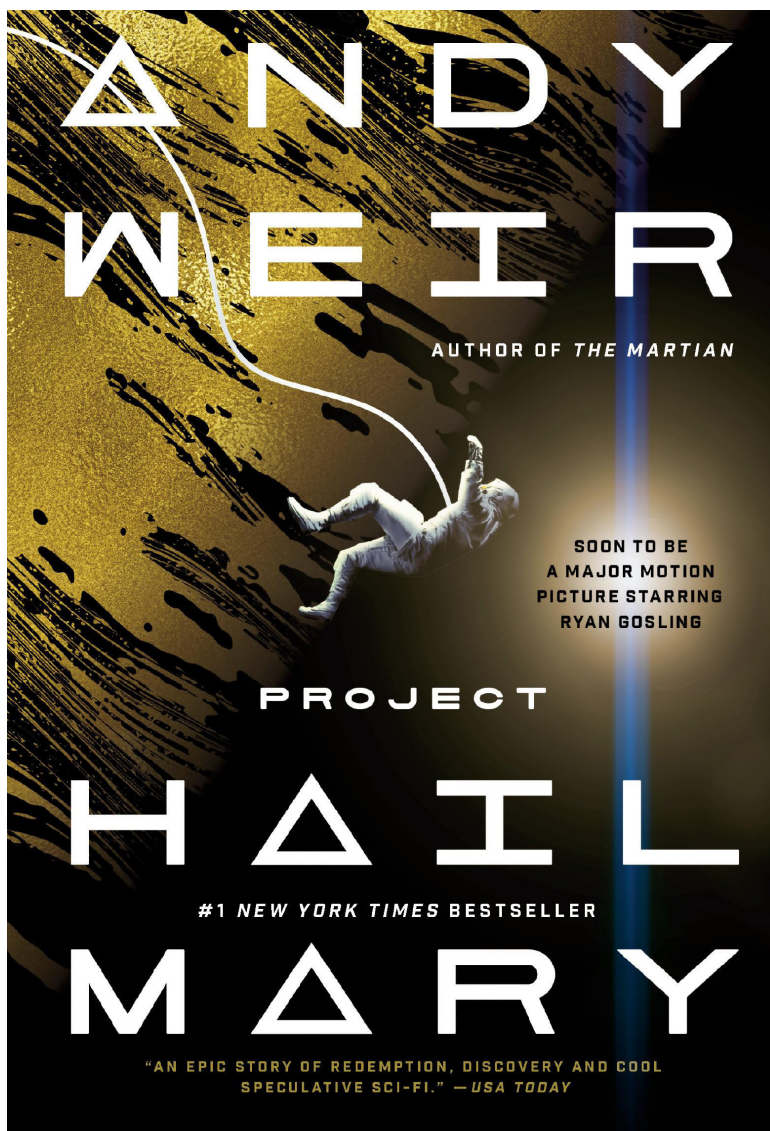
La razón de ese viaje es inquietante: nuestro planeta está en peligro. Unos misteriosos puntos negros —alineados en lo que se conoce como la línea de Petrova— parecen estar drenando la energía del Sol. Si el fenómeno continúa, provocará una caída global de aproximadamente 15 °C en la temperatura terrestre en apenas tres décadas. El resultado: una catástrofe ambiental de escala planetaria, capaz de colapsar las cadenas tróficas y empujar a la biosfera —y a la civilización humana— al borde del colapso.

Para dimensionarlo: durante la última glaciación, la temperatura descendió entre 4 y 6 °C. Eso bastó para reconfigurar el planeta, provocar extinciones masivas y transformar los ecosistemas. En este contexto, 15 °C no sería una crisis: sería, muy probablemente, el fin de la vida tal como la conocemos.

El origen del problema es aún más perturbador. Esos puntos resultan ser organismos —los llamados astrofagos— que, en muchos aspectos, recuerdan a una ameba: basados en carbono, con ADN, capaces de aprovechar la luz como fuente de energía. Pero con una diferencia radical: sobreviven en la superficie del Sol.

Ante esto, la humanidad organiza el Proyecto Hail Mary: una misión tripulada por tres especialistas que deben encontrar una solución. Pero algo sale mal. Solo Grace despierta y no recuerda nada.

Weir construye aquí un ejercicio notable de realismo científico. No hay atajos fáciles: ni física ignorada, ni hé-





roes que despiertan impecables tras la hibernación. El autor se toma en serio los problemas de energía, la distancia, el tiempo y la fisiología. Incluso, en la especulación —como en el caso de los astrofagos—, se apoya en la biología evolutiva para imaginar formas de vida plausibles, lejos de los habituales extraterrestres antropomorfos que hablan inglés.

Y, sin embargo, no estamos ante un tratado científico. Esa es, precisamente, la belleza del libro: su complejidad está envuelta en una narración accesible, ágil, profundamente entretenida. Aprendemos sin sentir que estamos aprendiendo.

La estructura alterna dos tiempos narrativos: el presente de la nave y el pasado en la Tierra. Este vaivén permite salir de la claustrofobia espacial y comprender, poco a poco, el contexto de la misión, la vida de Grace y el origen de la crisis. Todo ello salpicado de referencias culturales que añaden una capa de complicidad con el lector.

El ritmo es vertiginoso. Capítulos breves, revelaciones constantes, tensión sostenida. Es difícil soltar el libro.

Y hay un elemento más: fue escrito antes de la pandemia de COVID-19, pero anticipa con inquietante claridad los problemas de enfrentar una crisis global en un mundo fragmentado por intereses políticos, económicos e ideológicos. La novela se convierte así en una fábula contemporánea sobre el cambio climático y sobre nuestra incapacidad —o falta de voluntad— para enfrentarlo colectivamente.

Aquí es donde la historia encuentra una resonancia inesperada.

Por los días del estreno de la película murió el filósofo alemán Jürgen Habermas, uno de los grandes pensadores de la comunicación. Habermas defendió una idea simple, pero poderosa: cuando hablamos, no solo intercambiamos información; intentamos entendernos.

Distinguió entre dos formas de lenguaje: la acción instrumental —hablar para convencer, manipular, imponer— y la acción comunicativa —hablar para comprender y construir acuerdos—. Una sociedad democrática, sostenía, solo es posible si predomina esta última.

*Proyecto Hail Mary*, en el fondo, es eso: una historia sobre la necesidad de entendernos. Sobre la cooperación más allá de intereses, ideologías o identidades. Sobre la urgencia de abandonar la lógica del enfrentamiento cuando lo que está en juego es la supervivencia.

Salvar un planeta —o un ecosistema, o una comunidad— no es tarea de héroes individuales ni de gobiernos aislados. Requiere algo mucho más difícil: diálogo real, colaboración, confianza.

Ryland Grace, empujado por las circunstancias, termina encarnando esa idea... Y tal vez ahí reside el verdadero mensaje.

Estamos ante una historia apasionante, sí, pero también ante una invitación a mirar la ciencia con asombro y, al mismo tiempo, a repensar nuestra manera de convivir en un mundo que, cada vez más, parece necesitar su propia jugada desesperada.

No se la pierdan!

# NATUGRAFÍA

\* Miguel Gerardo Ochoa Tovar



Entre sombras y prejuicios, los roedores sostienen mucho más de lo que imaginamos. Airean suelos, dispersan semillas y alimentan ecosistemas enteros. Pero en ciudades, la mala higiene y el manejo inadecuado de residuos favorecen enfermedades como leptospirosis, salmonela o hantavirus, presente sobre todo en zonas rurales de América. El riesgo no está en su existencia, sino en nuestro desequilibrio. Comprenderlos y prevenir, vale más que demonizarlos.

# QUEHACER NICOLAITA

## Tres nuevas patentes Nicolaitas se registran en el IMPI

\*Dr. Rafael Salgado Garciglia



En la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) se registraron, en abril de 2026, tres nuevas patentes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Estas innovaciones incluyen el desarrollo de un tablero multicapas con un adhesivo de lignina sin formaldehído, la obtención de un bioaceite a partir de cáscara de aguacate para el tratamiento de la psoriasis y la elaboración de fitosomas de *Callistemon citrinus*.

Estas patentes se suman a otras diez con las que la UMSNH contaba hasta 2025, obtenidas durante la actual administración de la rectora, Dra. Yarábí Ávila González. Las más recientes se describen a continuación:

1. Tablero Multicapas: «Proceso de fabricación de tablero multicapas de hojuelas y fibra con adhesivo de lignina sin formaldehído». Esta innovación consiste en el desarrollo de un tablero elaborado sin el uso de formaldehído, mediante adhesivos a base de lignina, lo que representa un avance relevante en las áreas de ingeniería y materiales. Los inventores son los doctores Pablo López Albarrán, Luis Enrique Chávez García y Joel Alejandro Sánchez Badillo, adscritos a la Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Madera.
2. Bioaceite de Aguacate: «Utilización tópica de un bioaceite pesado obtenido a partir de la cáscara de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) para el tratamiento de la psoriasis». Esta patente

fue registrada por la doctora Martha Estrella García Pérez y el estudiante de doctorado Miguel Ávalos Viveros, ambos adscritos a la Facultad de Químico Farmacobiología.

3. Fitosomas de *Callistemon citrinus*: «Fitosomas derivados del extracto etanólico de *Callistemon citrinus*». Esta innovación se enfoca en la formación de fitosomas (estructuras que «encapsulan» compuestos activos y facilitan su paso a través de las membranas celulares lipídicas, haciendo más eficiente su acción) a partir del extracto de la planta conocida comúnmente como «escobillón», reconocida por sus propiedades medicinales. La patente fue otorgada a la doctora Patricia Ríos Chávez y los doctores Luis Gerardo Ortega Pérez y Daniel Godínez Hernández, adscritos a la Facultad de Biología y al Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas.

En la UMSNH se han registrado, hasta ahora, 20 títulos de patente, además de otras diez solicitudes que continúan en proceso de revisión por parte del IMPI, institución que reconoció a la UMSNH como líder en generación de patentes en Michoacán.

El registro de patentes representa un logro significativo para nuestra Universidad, ya que comienza a posicionarse entre las principales instituciones públicas del país dedicadas al desarrollo científico, tecnológico y de innovación.

\*Director ejecutivo de Saber Más

