



ISSN en línea: 3061-8460

Facultad de Estudios Superiores Aragón

No. 18 Año 10, Julio - Diciembre de 2025

<https://publicaciones.aragon.unam.mx/ojs/index.php/paciencia/index>

# Pa*C*iencia Pa'*T*odos

**Ciencia, Educación, Tecnología y Cultura a tu alcance**

Número dedicado a:  
**Un planeta,  
una salud**



Visita el sitio

<https://publicaciones.aragon.unam.mx/ojs/index.php/paciencia/index>

## DIRECTORIO

### Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

**Rector**

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

**Secretaria General**

Mtro. Hugo Concha Cantú

**Abogado General**

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez

**Secretario Administrativo**

Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz

**Secretaria de Desarrollo Institucional**

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo

**Secretario de Prevención, Atención y Seguridad  
Universitaria**

### Facultad de Estudios Superiores Aragón

Dra. Araceli Romo Cabrera

**Directora**

Mtro. Manuel Silva Sánchez

**Secretario General**

Ing. Juan Carlos Ortiz León

**Encargado del despacho de la Secretaría  
Administrativa**

Ing. Alexis Sampedro Pinto

**Secretario Académico**

Dra. María Magdalena Sarraute Requesens

**Coordinadora de la Cátedra UNESCO Universidad e  
Integración Regional, Sede México-FES Aragón, UNAM**

Lic. Celia Ivonne Aguayo Morales

**Responsable de Publicaciones**

PaCiencia Pa'Todos, Año 10, No. 18, Julio-Diciembre de 2025, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, Av. Universidad Nacional s/n, Col. Impulsora, Nezahualcóyotl, Estado de México, C.P. 57130. Tel. 55 5817 34 78 ext. 1021

URL: <https://publicaciones.aragon.unam.mx/ojs/index.php/Paciencia>  
Correo electrónico: [pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com](mailto:pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com)  
Editora responsable: Dra. María Andrea Trejo Márquez. Certificado de Reserva de Derechos de Autor 04-2023-070613182400-102, ISSN: 3061-8460, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María Andrea Trejo Márquez, fecha de última modificación: 10 de septiembre de 2025.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja necesariamente el punto de vista de los árbitros ni del Editor o de la UNAM.

Se autoriza la reproducción de los artículos (no así de las imágenes) con la condición de citar la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



**Atribución-No Comercial-Sin Derivadas**

Permite a otros solo descargar la obra y compartirla con otros siempre y cuando se otorgue el crédito del autor correspondiente y de la publicación; no se permite cambiarlo de forma alguna ni usarlo comercialmente.



### Cátedra UNESCO Universidad e Integración Regional

Dr. Axel Didriksson Takayanagui  
*Coordinador General*

Coordinadores/as de Sede  
Dra. María Magdalena Sarraute  
Requesens, FES Aragón-UNAM

Dr. Damián Del Valle, Universidad  
Nacional de las Artes, Argentina

Dra. Daniela Perrotta, Universidad  
Nacional de las Artes, Argentina

Dr. Andrés Felipe Mora, Universidad  
Nacional de Colombia

Dra. Célia Elizabete Caregnato  
Universidade Federal de Rio Grande Do  
Sul, Brasil

Dra. Carmen Caamaño Morúa  
Universidad de Costa Rica

Dra. Carmen Márquez  
Universidad Autónoma de Madrid

Dr. Freddy Álvarez González  
Universidad de C. Izcalli, México



## Editorial.....6

Ma. Andrea Trejo Márquez

## Techne Techne.....12

### **Arcillas Nativas de México Una alternativa sustentable para un agua limpia**

Martha Beatriz Morales-Murillo, María Adriana Martínez-Prado, Perla García-Guzmán, Nicolás Óscar Soto-Cruz, Luis Medina-Torres, Diola Marina Núñez-Ramírez, Francisco Javier Rodríguez-González, Luis Arturo Torres Castañón

### **Nanopartículas: Chiquitas pero peligrosas para la salud y el planeta**

Evelyn Gómez-Garfías, Estefany I. Medina Reyes, Yolanda I. Chirino

## De la probeta al reactor.....30

### **¿Tu vaso de leche guarda un enemigo invisible?**

#### **Aflatoxinas: el riesgo silencioso en los lácteos**

Edna Mariana Torres Bautista, Rey Gutiérrez Tolentino, Beatriz Schettino Bermúdez, Claudia Cecilia Radilla Vázquez

### **¿La hora de tu medicamento, es tan importante como la dosis?: Conoce el fascinante mundo de la Cronofarmacología**

Yoshio de Jesús Mena Gavia, Jorge Armando Tinoco Michel

### **¿Por qué los antibióticos no sirven contra los virus?**

América Guadalupe Espino, Graciela Castro Escarpulli, Elizabeth Ortega Soto

### **Antocianinas: más allá que solo color**

Miguel Ángel Trejo-Rodríguez, Miguel Ángel Ortiz-Flores, Emma Isabel Hidalgo-Pérez Tejada

### **Entre el pecho y el biberón: decisiones que alimentan**

María Guadalupe Cuiniche Méndez

### **Epigenética detrás de la obesidad: ¿Cómo la alimentación y el estilo de vida modifican tus genes?**

Xóchitl Azzeneth Romero-Rodríguez, Raúl Adrián Martínez-Orozco y Jorge Luis Ayala-Lujan

### **Lo que comemos también nos puede sanar: Tradición, Ciencia y Tecnología**

Neidy Melina Kuyoc Arroyo, José Carlos González Arce

### **¿Sabías que lo que comes puede salvarte... y salvar al planeta?**

Fabián Ricardo Gómez De Anda, Iracema Islas Vega, Nydia Edith Reyes Rodríguez, Jorge Luis de la Rosa Arana, Jesús Benjamín Ponce Noguez, Víctor Johan Acosta Pérez



### **Diabetes mellitus, con “m” de miel**

*Nahum Galindo Vargas, Delia Soto Castro*

### **Los murciélagos como propagadores de virus potencialmente mortales**

*Elizabeth Ortega Soto, José Luis Cuellar Camacho,  
Mario Chopin Doroteo*

### **Microbiota intestinal: un aliado invisible contra el COVID-19**

*Ximena De La O Santos*

### **¿Resistencia a la insulina? Sí, suena complicado... pero te lo explicamos fácil**

*Tamara I. Rosas-Medina, Santiago C. Sigrist-Flores,  
Itzell A. Gallardo-Ortíz, Jessica E. Rodríguez*

### **Con las manos en la caca: las apestosas aventuras de tu biólogo de confianza**

*María Fernanda Revueltas Guillen  
y María Giovana Anaya Padrón*

## **Educare.....126**

### **Inteligencia Artificial: Una Nueva Mirada a los Sistemas Dispersos a Través de Imágenes**

*María Eugenia Ramírez-Ortiz y Edith Fuentes-Romero*

### **Algunas analogías entre estrategias lectoras y futbolísticas**

*Jorge Guerra-García, Yolanda Guevara-Benítez  
y Juan Pablo Rugerio-Tapia*

### **Literacidad: palabra que aparece en la Constitución Política Mexicana pero no en el diccionario de la lengua española**

*Nahum Galindo Vargas*

### **Divulgación de la ciencia: Una Mirada a la Formación Científica**

*José Enrique Hernández de la Cruz*

## **La conciencia en la ciencia.....152**

### **De la planta al planeta: ciencia picante para una sola salud**

*Estefania Arellano Ordoñez y Christopher Alexis Cedillo Jiménez*

### **Metales pesados en los campos agrícolas de México: una amenaza invisible, estudiada desde las ciencias paisajísticas**

*Luis Eduardo Herrera Figueroa, Francisco Rodríguez González, Silvia Viridiana Vargas Solano, Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita*

### **Antropoceno: la factura ecológica de la humanidad**

*Omar Rojas García*





## Humanitas.....174

**Espacios Públicos: tu dosis diaria de salud mental**

*Gloria Cárdenas León*

**Viviendas que cuidan: cómo el diseño del hábitat puede mejorar nuestra salud y bienestar**

*Verónica Zendejas Santín*

**La tinta que deja huella. El impacto silencioso de los tatuajes**

*Ana Paula Martínez González*

**Origen y evolución del concepto de una sola salud en Ciencias Agropecuarias**

*Ernesto Cárdenas Bejarano, Jesús Benjamín Ponce Noguez, Hugo Josué Molina Gómez y Geiner Francisco Álvarez S.*

## Encuentros con la ciencia.....202

**Una Sola Salud: la visión integral del**

**Dr. Juan Garza frente a los retos del siglo XXI**

*Paola Edith Briseño Lugo*

## El puma culto.....214

**Salud en la antigua Mesoamérica**

*Alma Elisa Delgado Coellar*

## Echemos el Chal.....218

**El ritmo de nuestro planeta**

*María Fernanda Revueltas Guillen*

## El Rincón de Clío.....224

**Herbolaria y Colorín: crónica del árbol de la salud y de la suerte en México**

*Alejandro Torres-Montúfar*

## ¿Qué leo?.....230

**Malintzin y el señor Malinche**

*Beatriz Agratti Zapata*

## Cinema Paradiso.....233

**La sátira y el cine mexicano de los setenta**

*Francisco Raúl Casamadrid Pérez*



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas**

Permite a otros solo descargar la obra y compartirla con otros siempre y cuando se otorgue el crédito del autor correspondiente y de la publicación; no se permite cambiarlo de forma alguna ni usarlo comercialmente.



### Consejo Editorial

*Ma. Teresa Acosta Carmenate  
(Miami Dade County Public School)*

*Jorge Bello Domínguez  
(Centro Universitario Marie Curie)*

*Paola Edith Briseño Lugo  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*Alma Elisa Delgado Coellar  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*Rafael Fernández Flores  
(DGTIC-UNAM)*

*Liliana García Rivera  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*Josué Yasar Guerrero Morales  
(Hospital General Dra. Matilde Petra Montoya  
Lafragua del ISSSTE)*

*Edison Omar Martínez  
(Universidad Técnica de Machala)*

*Julio César Morales Mejía  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*Selene Pascual Bustamante  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*Alma Luisa Revilla Vázquez  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*Jorge Luis Rico Pérez  
(Investigador Independiente)*

*Francisca Alicia Rodríguez Pérez  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*Ma. Magdalena Sarraute Requesens  
(EDP University y FES Aragón, UNAM)*

*María Andrea Trejo Márquez  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

*María Gabriela Vargas Martínez  
(FES Cuautitlán, UNAM)*

### Editora Responsable

*María Andrea Trejo Márquez*

### Diseño Editorial

*Alma Elisa Delgado Coellar*

# Editorial

Es un honor presentar este número de nuestra revista, dedicado al concepto de **“Una Sola Salud”**, un enfoque que ha cobrado fuerza en el ámbito científico, académico y social, al reconocer que la salud humana, animal y la de los ecosistemas están profundamente interconectadas. Hoy sabemos que no es posible garantizar un futuro sostenible si seguimos concibiendo la salud como un fenómeno aislado: necesitamos integrar miradas, conocimientos y prácticas que nos permitan comprender la compleja red de relaciones que sostiene la vida en nuestro planeta.

Con esta convicción, hemos reunido una colección diversa de artículos que reflejan cómo la ciencia, la tecnología, la educación y la cultura contribuyen a este paradigma. A través de distintas disciplinas y estilos de divulgación, nuestros colaboradores nos muestran que la construcción de una salud integral no solo es un reto científico, sino también social y cultural.

En **Techne Techne** se aborda un tema fundamental: el agua, recurso vital que enfrenta enormes desafíos de contaminación y escasez. En el artículo *“Arcillas nativas de México, una alternativa sustentable para un agua limpia”*, Martha Beatriz Morales-Murillo y colaboradores, exploran el potencial de las arcillas nativas de México como materiales accesibles y sostenibles para el tratamiento de aguas residuales. A la par, *“Nanopartículas: Chiquitas pero peligrosas para la salud y el planeta”* de Evelyn Gómez-Garfías y colaboradores, advierten sobre los riesgos de la exposición a nanopartículas en el ambiente y la alimentación. Aunque estos materiales tienen aplicaciones tecnológicas prometedoras, su impacto en la salud aún plantea interrogantes que requieren investigación y vigilancia.

En **De la Probeta al reactor** se presenta “¿Tu vaso de leche guarda un enemigo invisible? Aflatoxinas: el riesgo silencioso en los lácteos”, de Edna Mariana Torres Bautista y colaboradores, quienes analizan la presencia de aflatoxinas en la leche, un contaminante de origen fúngico que representa un riesgo silencioso para la salud pública.



La ciencia médica encuentra en este número un espacio para discutir sus más recientes aportes. En primer lugar, *“¿La hora de tu medicamento, es tan importante como la dosis?”* de Yoshio de Jesús Mena Gavia y Jorge Armando Tinoco Michel, señala que la cronofarmacología se presenta como una disciplina en expansión que estudia la influencia de los ritmos biológicos en la eficacia de los tratamientos. Este enfoque muestra cómo la sincronización con los ciclos circadianos puede optimizar la acción de los medicamentos y reducir efectos secundarios.

Complementando este panorama en *“¿Por qué los antibióticos no sirven contra los virus?”*, América Guadalupe Espino y colaboradores reflexionan sobre la urgencia de un uso responsable de antibióticos. La resistencia bacteriana se ha convertido en una de las mayores amenazas globales, y su control requiere tanto de la educación médica como de la concienciación ciudadana.

Asimismo, se incluye un análisis sobre *“Antocianinas: más allá que solo color”* de Miguel Ángel Trejo-Rodríguez, quien describe compuestos naturales con propiedades antioxidantes que podrían desempeñar un papel clave en la prevención de enfermedades crónicas. El texto enfatiza que, aunque los avances son prometedores, aún se requiere más investigación para consolidar sus beneficios en la salud humana.

En esta misma sección se abordan problemáticas que van desde la infancia hasta la vida adulta. María Guadalupe Cuiniche Méndez reflexiona, en *“Entre el pecho y el biberón: decisiones que alimentan”*, sobre la importancia de la alimentación en la primera infancia, etapa en la que se sientan las bases para un desarrollo saludable. Se destaca cómo la calidad de los nutrientes en los primeros años puede influir en la salud a lo largo de toda la vida. En otro trabajo, Xóchitl Azzeneth Romero-Rodríguez y colaboradores abordan la relación entre epigenética y obesidad, mostrando cómo factores ambientales y de estilo de vida pueden modificar la expresión genética y aumentar la vulnerabilidad a esta enfermedad.





El tema se complementa con la exploración de los alimentos funcionales y tradicionales, que no solo aportan nutrición, sino también beneficios específicos para la salud. Este análisis subraya la necesidad de rescatar saberes tradicionales y al mismo tiempo impulsar la innovación científica en la dieta con los trabajos de “*Lo que comemos también nos puede sanar: Tradición, Ciencia y Tecnología*” de Neidy Melina Kuyoc Arroyo y José Carlos González y “¿Sabías que lo que comes puede salvarte... y salvar al planeta?” de Fabián Ricardo Gómez De Anda y colaboradores.

Finalmente, se abordan dos de los problemas más urgentes de la salud pública en México y el mundo: la diabetes mellitus, enfermedad crónica que representa un reto sanitario de gran magnitud, y la resistencia a la insulina, que se ha convertido en un factor clave en la epidemia de trastornos metabólicos. Ambos artículos invitan a la reflexión sobre la prevención, el diagnóstico oportuno y la responsabilidad social frente a estas enfermedades, en los trabajos de Nahum Galindo Vargas y Delia Soto Castro; y Tamara I. Rosas-Medina y colaboradores, respectivamente.

El paradigma de **Una Sola Salud** se hace visible en el estudio de la interacción entre humanos y fauna. Un artículo examina el papel de los murciélagos en la transmisión de virus zoonóticos, de Elizabeth Ortega Soto y colaboradores, subrayando que, lejos de ser simples portadores de enfermedades, estos animales cumplen funciones ecológicas esenciales. El texto invita a considerar el equilibrio entre conservación y prevención epidemiológica.

La pandemia de COVID-19 también tiene eco en este número, con un análisis de la relación entre la microbiota intestinal y la respuesta inmunológica frente al virus SARS-CoV-2. Este artículo de Ximena De La O Santos, muestra cómo la diversidad y el bienestar de la microbiota influyen en la capacidad del organismo para enfrentar infecciones.

Desde otra perspectiva, se presenta una reflexión sobre los tatuajes como práctica cultural y biológica, en *“La tinta que deja huella. El impacto silencioso de los tatuajes”*, de Ana Paula Martínez González quien señala que más allá de su valor estético, se abordan aspectos de salud, riesgos asociados y el trasfondo histórico de esta forma de expresión corporal.



Un toque de humor científico aparece en el artículo sobre *“los mastozoólogos y el estudio de excretas”*, de María Fernanda Revueltas Guillen y María Giovanna Anaya Padrón que combina rigor académico con un acercamiento cercano y accesible, mostrando que la investigación también puede ser divertida y sorprendente.

La salud también se vincula con la educación y la forma en que construimos conocimiento. En **Educare** se incluye un artículo sobre la inteligencia artificial en la enseñanza donde María Eugenia Ramírez y Edith Fuentes exploran cómo estas herramientas tecnológicas pueden transformar los procesos educativos y contribuir a la formación científica.

Asimismo, se aborda el tema de la *“Literacidad: Palabras que aparecen en la Constitución Política Mexicana pero no en el diccionario de la lengua española”*, donde Nahum Galindo Vargas destaca su importancia para la comprensión de textos científicos y para la formación de ciudadanos críticos y mejor informados.

También podremos encontrar *“Algunas analogías entre estrategias lectoras y futbolísticas”*, donde Jorge Guerra-García indica que la comprensión lectora puede compararse con la dirección técnica de un equipo de fútbol, pues en ambos casos se requiere planificación, análisis y aplicación de estrategias antes, durante y después de la tarea.

En esta misma sección se incluye *“Divulgación de la ciencia: Una Mirada a la Formación Científica”*, de José Enrique Hernández de la Cruz, quien destaca que esta actividad es clave para acercar el conocimiento a la sociedad, fomentar el pensamiento lógico y despertar vocaciones científicas, especialmente en niños y jóvenes.

Este número no estaría completo sin una mirada hacia los grandes desafíos contemporáneos. En la **Conciencia en la ciencia**, el artículo de Omar Rojas sobre el Antropoceno analiza el impacto de la actividad humana en los ecosistemas y nos invita a repensar nuestra relación con el planeta.

En “*De la planta al planeta: ciencia picante para una sola salud*”, Estefanía Arellano Ordoñez y Christopher Alexis Ce-



dillo Jiménez indican que el chile habanero es también protagonista de investigaciones científicas que buscan reducir el uso de agroquímicos mediante una técnica que permite activar defensas naturales de la planta sin modificar su ADN ni dañar el entorno. También en esta sección se presenta *“Metales pesados en los campos agrícolas de México: una amenaza invisible, estudiada desde las ciencias paisajísticas”*, de Luis Eduardo Herrera Figueroa y colaboradores, quienes reflexionan cómo los metales pesados están presentes de manera natural en el ambiente y cómo las ciencias paisajísticas ofrecen una visión holística que integra factores como la geología, la economía, la agricultura, la política, la hidrología y la cultura local, que se entrelazan para influir en la dispersión y acumulación de metales pesados en los paisajes agrícolas.

En **Humanitas** se examina cómo los espacios públicos y el diseño del hábitat influyen en la salud mental y social, planteando la necesidad de entornos urbanos que promuevan bienestar y convivencia de Gloria Cárdenas León y Verónica Zendejas, respectivamente.

La sección se completa con una reflexión sobre el concepto de *“Una Sola Salud en las ciencias agropecuarias”*, de Ernesto Cárdenas Bejarano y colaboradores, que muestran cómo este enfoque ha evolucionado y se ha consolidado como un eje clave para enfrentar los retos del presente y del futuro.

En **Puma Culto** se incluyen dos miradas históricas y filosóficas: *“la salud en la antigua Mesoamérica”*, donde Alma Elisa Delgado recupera saberes ancestrales sobre el cuidado del cuerpo y el espíritu.

En **Echemos el chal**, María Fernanda Revueltas Guillen presenta un análisis sobre *“los ritmos circadianos en la vida moderna”*, que revela cómo los ciclos biológicos influyen en nuestro bienestar.

En **Encuentros con la Ciencia** se presenta una entrevista realizada por Paola Briseño al Dr. Juan Garza, pionero en México del concepto de Una Sola Salud, quien comparte su experiencia,





trayectoria y reflexiones sobre los retos que enfrenta nuestro país para consolidar este enfoque integral.

**Rincón de Clío** presenta *“Herbolaria y Colorín: crónica del árbol de la salud y de la suerte en México”*, de Alejandro Torres-Montúfar, quien explica que la etnobotánica estudia la relación entre las personas y las plantas, integrando conocimientos de botánica, cultura, antropología y ecología.

En **¿Qué leo?** se recomienda *Malintzin y el señor Malinche*, donde Beatriz Agratti Zapata reflexiona sobre Hernán Cortés y Malintzin como figuras extraordinarias en la Conquista, símbolos aún presentes en la memoria mexicana.

Finalmente, **Cinema Paradiso**, Francisco Raúl Casamadrid presenta la sátira, género que combina humor, ironía y crítica social, y que ha sido una constante en el cine mexicano desde sus orígenes, con especial énfasis en los años setenta.

Cada artículo de este número especial confirma que la salud es un fenómeno complejo y multidimensional. Desde el agua que bebemos hasta los alimentos que consumimos, desde las prácticas culturales hasta las decisiones políticas, todo forma parte de una red interdependiente. La propuesta de **«Una Sola Salud»** nos invita a ver más allá de las fronteras disciplinares y a comprender que el bienestar humano solo puede alcanzarse en equilibrio con los animales y el medio ambiente.

Confiemos en que este recorrido despierte en nuestros lectores la misma curiosidad, compromiso y esperanza que inspiraron a quienes lo escribieron.

**Ma. Andrea Trejo Márquez**

*Editora Responsable*



# Arcillas nativas de México, una alternativa sustentable para un agua limpia

Martha Beatriz Morales-Murillo, María Adriana Martínez-Prado, Perla García-Guzmán, Nicolás Óscar Soto-Cruz, Luis Medina-Torres, Diola Marina Núñez-Ramírez, Francisco Javier Rodríguez-González, Luis Arturo Torres Castañón

## Resumen

El acceso a agua potable es un desafío global, especialmente en comunidades rurales donde el agua subterránea suele estar contaminada con metales pesados, fluoruros y pesticidas. Frente a la limitada viabilidad de tecnologías convencionales, las arcillas naturales se presentan como una alternativa sustentable, económica y eficaz. México cuenta con una gran diversidad de arcillas, como la bentonita y la zeolita, que gracias a su estructura porosa y propiedades de adsorción pueden eliminar diversos contaminantes. Investigaciones en Durango demuestran que arcillas nativas modificadas mejoran su capacidad para retener fluoruro, validando su potencial local. A pesar de retos como la saturación o disposición final, el desarrollo de materiales híbridos ha ampliado sus aplicaciones. Además, estas tecnologías promueven la participación comunitaria, reducen el uso de químicos costosos y son replicables en contextos similares. Así, las arcillas nativas se posicionan como una solución local con impacto global para el tratamiento del agua.

## Introducción

El acceso a agua limpia y segura es uno de los desafíos más urgentes del siglo XXI. En muchas regiones del mundo, especialmente en comunidades rurales y marginadas, las

fuentes de agua subterránea están contaminadas con sustancias dañinas o tóxicas como metales pesados, fluoruros, pesticidas o colorantes industriales, etc. Esta contaminación representa un riesgo grave para la salud pública y limita el desarrollo sostenible de las poblaciones afectadas.

Ante dicha problemática, la ciencia ha vuelto la mirada hacia soluciones simples, accesibles y sostenibles sin ocasionar impacto al ambiente. Entre ellas destaca el uso de arcillas, las cuales han emergido como una alternativa prometedora. Estos minerales son abundantes en muchas regiones del mundo. También México es un país con una gran variedad de arcillas que poseen una estructura y composición química que les permite actuar como filtros naturales, capaces de atrapar y remover una amplia variedad de contaminantes. Cabe destacar que se consideran como contaminantes cuando la concentración de cualquier compuesto excede el límite máximo permisible (LMP) establecido por la normatividad vigente.

Este artículo explora cómo las arcillas, desde su estructura hasta sus aplicaciones más recientes, así como su aplicación para mejorar la calidad del agua. Se analizan sus propiedades, ventajas, limitaciones y casos exitosos, con el fin de mostrar cómo un recurso tan básico puede convertirse en una herramienta poderosa para enfrentar la crisis del agua desde una perspectiva local y sostenible.



## Agua contaminada: Un problema mundial

El agua es un recurso esencial para la vida, pero su disponibilidad en condiciones seguras y limpias se ha vuelto cada vez más limitada. La escasez de agua potable no es exclusiva de regiones áridas; incluso en lugares con abundantes cuerpos de agua como ríos, lagos o acuíferos, la calidad del recurso hídrico se ha visto comprometida por diversos tipos de contaminación (Figura 1). Este deterioro no distingue fronteras ni climas, afecta tanto a comunidades rurales como a zonas urbanas densamente pobladas, agravando desigualdades sociales y dificultando el acceso a un derecho humano básico.

Entre los contaminantes más comunes y preocupantes se encuentran los metales pesados, como el plomo, el arsénico, el mercurio y el cadmio. Estos elementos tóxicos pueden ingresar a los cuerpos de agua a través de diversas actividades humanas (antropogénicas), incluyendo procesos industriales, minería, escurrimientos agrícolas y el uso de pesticidas. Aun en concentraciones mínimas, estos metales representan un riesgo considerable para la salud, ya que su exposición prolongada puede provocar daños neurológicos, enfermedades renales, trastornos reproductivos y diversos tipos de cáncer (Sarkar et al., 2018).

Además de los metales existen contaminantes inorgánicos como los fluoruros; si bien en bajas concentraciones este ion puede tener un efecto protector en la salud



**Figura 1.** Gota de agua en ecosistema. Diseñado por Freepik: <https://www.freepik.es/>

dental, en concentraciones elevadas se asocia con problemas como fluorosis dental en niños y fluorosis esquelética en adultos (Sani et al., 2017). En muchas regiones, especialmente donde el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento, los niveles de fluoruro superan los límites recomendados por organismos internacionales como la OMS (Figura 2).

A este panorama se suman otras sustancias nocivas como nitratos derivados de fertilizantes, residuos de pesticidas y colorantes industriales vertidos sin control, los cuales pueden alterar gravemente la calidad del agua, haciendo que su uso para consumo humano o riego represente un riesgo para la salud y el medio ambiente.

Frente a esta realidad alarmante surge una necesidad compartida a nivel global, desarrollar e implementar soluciones accesibles, sostenibles y eficaces para remover estos contaminantes del agua. Lo anterior es

especialmente urgente en comunidades con recursos limitados, donde las tecnologías convencionales de tratamiento como plantas potabilizadoras avanzadas, sistemas de ósmosis inversa o carbón activado, son técnica y económicamente inviables.



**Figura 2.** Efecto del fluoruro en los dientes. Diseñado por Freepik: <https://www.freepik.es/>

En este contexto, las tecnologías basadas en materiales naturales como las arcillas ofrecen una alternativa valiosa. Estas soluciones no solo son más económicas, sino que pueden adaptarse a las condiciones locales, promoviendo la participación comunitaria y el uso responsable de los recursos disponibles en el entorno inmediato.

## La ciencia detrás de las arcillas

¿Qué hace a las arcillas tan especiales? Las arcillas son minerales naturales formados por láminas microscópicas extremadamente delgadas organizadas en capas parecidas a hojas apiladas, lo que les confiere una

superficie interna y externa muy vasta. Esta gran área superficial, junto con la presencia de cargas eléctricas negativas en su estructura, les permite atraer y retener diversos tipos de contaminantes, especialmente aquellos con carga positiva, actuando como dos imanes, de polos opuestos que se atraen como varios metales pesados y ciertos compuestos orgánicos (Al-saeedi, 2022). Este proceso se conoce como adsorción y es uno de los mecanismos principales por los cuales las arcillas pueden purificar el agua (Kalsido et al., 2021). Gracias a esta propiedad, las arcillas funcionan como eficaces filtros naturales, capaces de purificar el agua.

Además, las arcillas naturales pueden llevarse a los laboratorios y pueden modificarse químicamente para potenciar su capacidad adsorbente. En otras palabras, se vuelven más eficientes en su labor de limpieza. Por ejemplo, al tratarlas con ácidos, sales metálicas o materiales orgánicos, es posible incrementar su porosidad, alterar su carga superficial y aumentar su selectividad por ciertos contaminantes (Tabi et al., 2021).

## Tipos de arcilla más utilizados

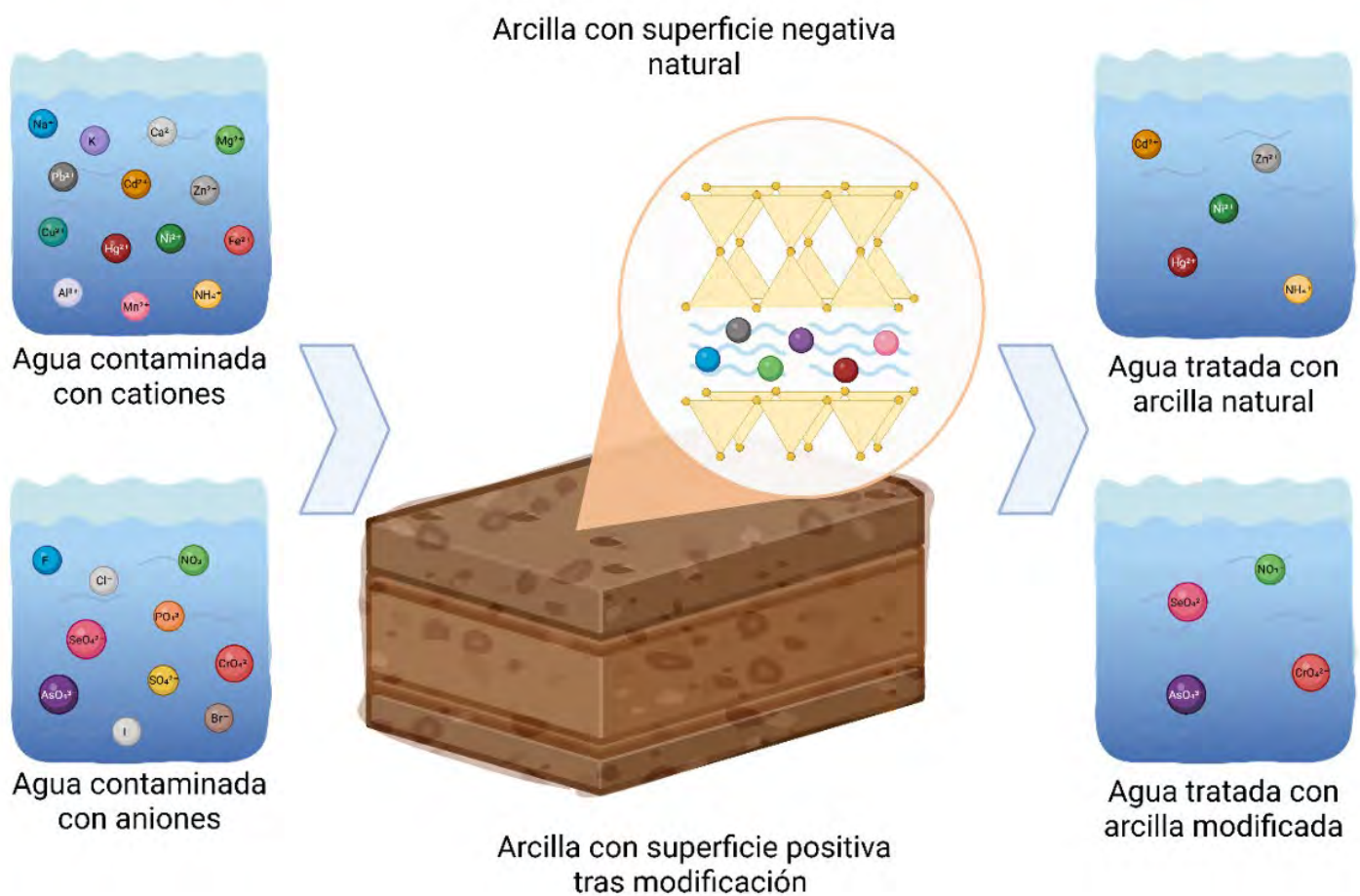
Entre los tipos de arcilla más estudiados por su capacidad para purificar agua se encuentran:

- **Bentonita:** Compuesta principalmente por montmorillonita y destaca por su alta capacidad de hinchamiento.

miento, además de una gran superficie específica; es eficaz para eliminar metales pesados y ciertos colorantes de uso industrial

- **Zeolita:** Aunque técnicamente es un aluminosilicato cristalino y no una arcilla en sentido estricto, su estructura porosa la convierte en un excelente adsorbente para cationes metálicos, amonio y fluoruros (Sairam Sundaram et al., 2009).
- **Caolinita e illita:** Con menor capacidad de hinchamiento, pero útiles en aplicaciones específicas, especialmente cuando se busca estabilidad estructural.

Cada tipo de arcilla presenta ventajas y limitaciones; sin embargo, su combinación con procesos de modificación química o térmica ha permitido ampliar sus aplicaciones para la remoción de diversos tipos de contaminantes. La Figura 3 representa de manera general la disminución de contaminantes presentes en el agua mediante el uso de arcillas mediante el mecanismo de adsorción.



**Figura 3.** Proceso de purificación del agua con arcilla. Diseñado por Biorender: <https://app.biorender.com/>



## Limitaciones y retos actuales

A pesar de sus ventajas, el uso de arcillas también presenta desafíos:

1. **Selectividad limitada:** Algunas arcillas pueden adsorber varios iones a la vez, lo que dificulta separar contaminantes específicos.
2. **Rápida saturación:** Si la concentración de los contaminantes es elevada, las arcillas pueden saturarse y perder eficacia en la remoción.
3. **Disposición segura:** Posterior a su uso, las arcillas cargadas con metales pesados pueden disponerse correctamente y así evitar impactos ambientales.

Por ello, se continúa investigando en el desarrollo de materiales híbridos, que combinan arcillas con biopolímeros, nanopartículas u otros compuestos para mejorar su desempeño y facilitar su reutilización (Han et al., 2021).

## Casos de éxito en el uso de arcillas

Varios grupos de científicos alrededor del mundo han trabajado en numerosos estudios, demostrado que las arcillas modificadas pueden remover eficientemente contaminantes como:

- Plomo ( $Pb^{+2}$ ): Mediante el uso de bentonita modificada con hierro o manganeso (Chowdhury et al., 2022).
- Arsénico ( $As^{+3/+5}$ ): Con zeolitas tratadas con óxidos de hierro.
- Cromo ( $Cr^{+6}$ ): Empleando arcillas activadas con ácidos o mediante impregnación con surfactantes (Wang & Xu, 2020).
- Fluoruros ( $F^-$ ): Mediante el uso de zeolitas modificadas con sales de aluminio o arcillas enriquecidas con calcio (Ai et al., 2021).

## Caso de estudio en marcha

En México también hay investigadores preocupados por limpiar el agua, por ejemplo, en el estado de Durango, miles de personas dependen del agua subterránea como fuente principal para el consumo doméstico, así como para actividades agrícolas y ganaderas, según lo reportado por la Comisión Nacional del Agua en el 2023. Sin embargo, este recurso esencial enfrenta una amenaza creciente: la presencia de niveles elevados de fluoruros disueltos en distintas zonas del estado (Abraham et al., 2024).

Motivados por esta problemática, un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Durango decidió explorar una alternativa accesible y sostenible: el uso de arcillas nativas de la región. En su búsqueda identificaron dos materiales abundantes y poco aprovechados localmente: la bentonita y la zeolita. Ambos tipos de arcilla se reco-

lectaron del suelo del estado de Durango (Figura 4) y sometidos a un proceso de modificación para mejorar sus propiedades fisicoquímicas, con el objetivo de evaluar su capacidad para remover contaminantes presentes en el agua. Estos tratamientos ayudan a reorganizar su estructura interna, eliminar impurezas y aumentar su capacidad de adsorción, como si se tratara de una esponja que amplía sus poros para atrapar mejor las partículas no deseadas.



**Figura 4.** Bentonita y zeolita nativas del estado de Durango: (A) Naturales o crudas. (B) Imágenes tomadas por los autores.

Los resultados preliminares sugieren que las arcillas modificadas presentaron una capacidad mejorada para retener iones de fluoruro, gracias principalmente a interacciones electrostáticas y mecanismos de adsorción en su superficie. Estos hallazgos respaldan la viabilidad técnica del uso de materiales locales en el tratamiento del agua, destacando además su potencial como una alternativa económica y ambientalmente responsable para enfrentar uno de los problemas de salud pública más relevantes en la región.

Lo anterior demuestra que el uso de arcillas no se limita a un solo tipo de contaminante, sino que puede adaptarse según la necesidad. También reafirma la alta capacidad de adsorción y el enorme potencial como una solución práctica, económica y sustentable para el tratamiento del agua contaminada como una tecnología flexible y de bajo costo.

## Beneficios para la comunidad y el ambiente

El uso de arcillas nativas como método de purificación del agua no solo ofrece una solución eficaz ante distintos tipos de contaminantes, sino que también constituye una estrategia sustentable y respetuosa con el medio ambiente. Al tratarse de un recurso abundante y local, su aplicación permite reducir la dependencia de productos químicos costosos y potencialmente dañinos, favoreciendo así un tratamiento más limpio, económico y ambientalmente responsable.

En comunidades donde el acceso a tecnologías avanzadas es limitado, los filtros elaborados con arcilla representan una opción accesible y efectiva. Su simplicidad no es una desventaja, sino una ventaja crucial: permite que familias en situación vulnerable puedan obtener agua segura mediante un recurso natural y de bajo costo. De este modo, la tecnología basada en arcillas se convierte en una herramienta transformadora con alto impacto social.

Organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), así como diversos programas de desarrollo rural en países como India, Sudáfrica, Etiopía y México, han mostrado creciente interés en tecnologías basadas en materiales naturales. En este escenario, las arcillas sobresalen como una alternativa prometedora gracias a su eficacia, bajo costo y disponibilidad en múltiples regiones.

En el caso de México, instituciones como el Instituto Tecnológico de Durango (TecNM – ITD), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) y diversos centros de investigación han liderado proyectos enfocados en el uso de arcillas para el tratamiento del agua cumpliendo con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua Para Uso y Consumo Humano. Límites Permisibles de La Calidad Del Agua., 2021). Estos esfuerzos han generado propuestas adaptadas a las condiciones locales, pero con potencial de replicación en otras regiones del mundo.

Este enfoque se alinea con una tendencia global que busca soluciones sustentables a partir de recursos naturales, integrando el conocimiento científico con las necesidades sociales. Así, el aprovechamiento de materiales como la arcilla no solo resuelve problemáticas inmediatas, sino que también abre el camino hacia modelos de desarrollo más justos, accesibles y sostenibles.

Al final, esta experiencia nos recuerda que a veces, las mejores respuestas están justo donde no solemos mirar: bajo nuestros pies, en lo más básico y natural. Con ciencia, compromiso y colaboración, lo que comenzó como un problema regional puede convertirse en una solución global.



## Referencias

- Ai, L., Yang, Y., Wang, B., Chang, J., Tang, Z., Yang, B., & Lu, S. (2021). Insights into photoluminescence mechanisms of carbon dots: advances and perspectives. *Science Bulletin*, 66(8), 839–856. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.12.015>. Acceso: junio 15 de 2025.
- Al-saeedi, A. A. (2022). Clay basics and their physical and chemical properties : Review Paper. *Advanced Research In Applied Sciences*, August, 12–18. [https://www.researchgate.net/publication/363056615\\_Clay\\_basics\\_and\\_their\\_physical\\_and\\_chemical\\_properties\\_Review\\_Paper](https://www.researchgate.net/publication/363056615_Clay_basics_and_their_physical_and_chemical_properties_Review_Paper). Acceso: junio 15 de 2025.
- Chowdhury, I. R., Chowdhury, S., Mazumder, M. A. J., & Al-Ahmed, A. (2022). Removal of lead ions (Pb<sup>2+</sup>) from water and wastewater: a review on the low-cost adsorbents. In *Applied Water Science*, 12 (8), Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01703-6>. Acceso: Junio 15 de 2025.
- Han, H., Cui, P., Xiao, L., & Wu, W. (2021). MoCS@NSC with interfacial heterojunction nanostructure: A highly selective catalyst for synthesizing methanol from CO<sub>2</sub> at low temperature. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(6), 106354. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106354>. Acceso: Junio 15 de 2025.
- Kalsido, A. W., Kumar, A., Tekola, B., Mogessie, B., & Alemayehu, E. (2021). Evaluation of bentonite clay in modified and unmodified forms to remove fluoride from water. *Water Science and Technology*, 84(10–11), 2661–2674. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.220>. Acceso: junio 15 de 2025.
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua Para Uso y Consumo Humano. Límites Permisibles de La Calidad Del Agua. (2021). [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5650705](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5650705). Acceso: junio 15 de 2025.
- Sairam Sundaram, C., Viswanathan, N., & Meenakshi, S. (2009). Defluoridation of water using magnesia/chitosan composite. *Journal of Hazardous Materials*, 163(2–3), 618–624. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.07.009>. Acceso: junio 15 de 2025.
- Sani, T., Gómez-Hortigüela, L., Mayoral, Á., Chebude, Y., Pérez-Pariente, J., & Díaz, I. (2017). Controlled growth of nano-hydroxyapatite on stilbite: Defluoridation performance. *Microporous and Mesoporous Materials*, 254, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2017.04.036>. Acceso: junio 15 de 2025.
- Sarkar, B., Singh, M., Mandal, S., Churchman, G. J., & Bolan, N. S. (2018). Clay minerals-organic matter interactions in relation to carbon stabilization in soils. In *The Future of Soil Carbon: Its Conservation and Formation*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811687-6.00003-1>. Acceso: Junio 15 de 2025.
- Tabi, R. N., Agyemang, F. O., Mensah-Darkwa, K., Arthur, E. K., Gikunoo, E., & Momade, F. (2021). Zeolite synthesis and its application in water defluorination. *Materials Chemistry and Physics*, 261, 124229. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.124229>. Acceso: junio 15 de 2025.
- Wang, F., & Xu, W. (2020). CTMAB-Modified Bentonite – Based PRB in Remediating Cr ( VI ) Contaminated Groundwater. *Water Air Soil Pollut*, 231(20). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-019-4386-4>. Acceso: junio 15 de 2025.

## Agradecimientos

**Al Tecnológico Nacional de México** por el financiamiento: Proyecto de Investigación en el Área de Posgrado. Sistema Avanzado de Adsorción para la Mitigación de Fluoruros en Agua: Un Enfoque con Arcillas Nativas Modificadas. TecNM-ITD. (Clave: 21796.25-P) en su Convocatoria 2025-1.

## Sobre los autores/as

**Ing. Martha Beatriz Morales Murillo.** Ingeniera Química por el TecNM-ITD. Alumna de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, desarrollando investigación en la remoción de contaminantes en agua mediante el uso de materiales naturales. Se desempeña dentro del Laboratorio de Biotecnología Industrial adscrito a la UPIDET del TecNM – ITDurango. Email: 17040393@itdurango.edu.mx.

**Dra. María Adriana Martínez Prado.** Especialista en Biotecnología Ambiental y Microbiana. Profesora Investigadora del TecNM – ITDurango con distinción Nivel 1 del SNII. Ingeniera Química de formación por el ITD, con Maestría en Ingeniería Ambiental por el ITESM y Doctorado en Filosofía en Ingeniería Ambiental en Oregon State University (USA). Realiza investigación en áreas de la Ingeniería Ambiental, Microbiología Aplicada y Biotecnología Ambiental.

**Dra. Perla García Guzmán.** Especialista en Nanotecnología con aplicaciones en Nanomedicamentos, Tecnología Farmacéutica y nuevos materiales. Profesora investigadora de tiempo completo en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco con la distinción del Nivel 1 del SNII. QFB de formación, con Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

**Dra. Diola Marina Núñez Ramírez.** Especialista en Biotecnología de Minerales. Profesora Investigadora de la FCQ de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Ingeniero Químico de formación, con maestría y doctorado en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y cuenta con la distinción del Nivel 2 del SNII. Se desempeña en biotecnología de minerales, aplicada principalmente en procesos de extracción y sistemas ambientales.

**Dr. Luis Medina Torres.** Especialista en Reología y Mezclado. Posee un doctorado en Ciencias Químicas en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con especialidad en reología y mezclado de fluidos complejos. Profesor Titular C en la Facultad de Química de la UNAM. Sus líneas de investigación son biorreología y biomateriales. Cuenta con la distinción del Nivel 2 del SNII.

**Dr. Nicolas Oscar Soto Cruz.** Especialista en Fisiología Microbiana. Doctor en Biotecnología por la Universidad Autónoma Metropolitana. Profesor Investigador en el TecNM – ITDurango con la distinción del Nivel 1 del SNII. Trabaja en la caracterización y el aprovechamiento de cepas microbianas para el desarrollo de procesos biotecnológicos con metodologías de fisiología microbiana, biotecnología industrial, modelamiento matemático e ingeniería de bioprocesos.

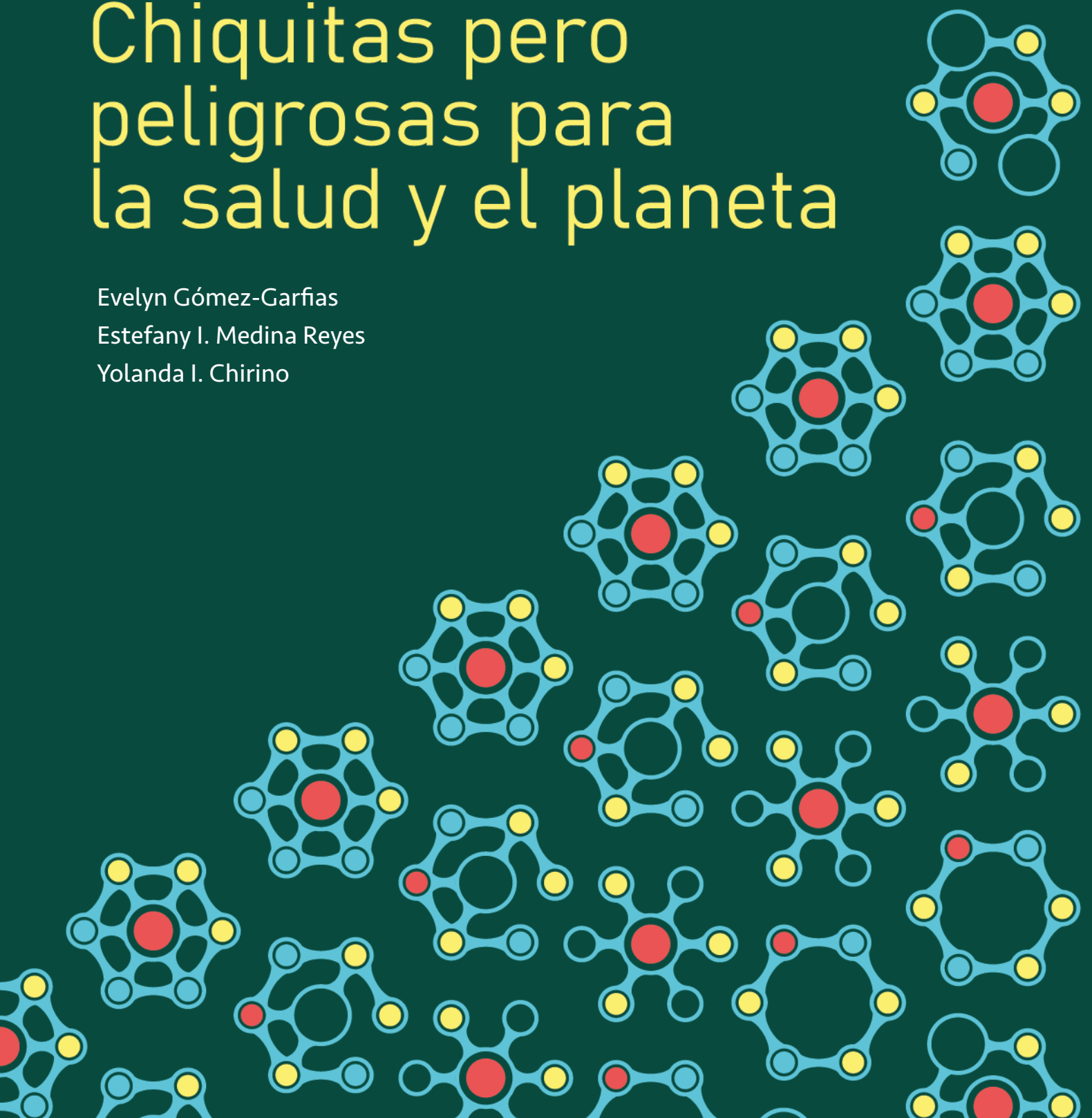
**Francisco Javier Rodríguez-González.** Ingeniero Químico y Maestro en Tecnología de Polímeros por la Universidad Autónoma de Coahuila. Doctor en Ingeniería Química por la École Polytechnique de Montreal, Canadá. Investigador del Departamento de Procesos de Transformación del CIQA y Profesor en los Programas de Posgrado en maestría y doctorado. Cuenta con la distinción del Nivel 1 del SNII.

**MSA Luis Arturo Torres Castañón.** Ingeniero Químico con especialidad en Ambiental. Maestro en Sistemas Ambientales por el TecNM - ITDurango. Experiencia en el diseño de sistemas experimentales para el tratamiento de aguas residuales, desarrollo, implementación y validación de técnicas analíticas para el análisis de la calidad del agua, estudio de procesos de transporte de contaminantes a través de procesos de adsorción.

# NANOPARTÍCULAS:

Chiquitas pero  
peligrosas para  
la salud y el planeta

Evelyn Gómez-Garfias  
Estefany I. Medina Reyes  
Yolanda I. Chirino





## Resumen

Las nanopartículas son estructuras diminutas (1–100 nm) utilizadas en industrias como la alimentaria, cosmética, médica y tecnológica. A pesar de sus múltiples aplicaciones, su presencia en productos cotidianos ha generado preocupación por sus posibles efectos tóxicos. Estas partículas pueden ingresar al cuerpo humano por inhalación, ingestión, contacto dérmico o vía intravenosa. Su exposición excesiva se ha relacionado con daño celular por producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que puede alterar proteínas, lípidos y ADN, y contribuir al desarrollo de cáncer. Además, su liberación al ambiente plantea riesgos ecológicos, afectando organismos acuáticos y bacterias benéficas del suelo. Las nanopartículas de titanio, sílice, plata y oro son las más utilizadas y también las más estudiadas por sus efectos tóxicos. Aunque pueden ser útiles en terapias contra el cáncer, también representan una amenaza ambiental y sanitaria. Por ello, se urge un uso responsable, regulaciones claras e investigación continua sobre su seguridad y manejo.

industria alimenticia, cosmética y biomédica; se usan en productos de la vida cotidiana, y podrían estar causando efectos negativos a tu salud y al planeta.

El prefijo “nano” deriva de la palabra griega “*nanos*” que significa “muy pequeño”, de forma que una nanopartícula se ha definido como una partícula muy pequeña que tiene dimensiones entre 1 a 100 nanómetros (nm), (Bayda et al., 2019). Un nanómetro, es una milmillonésima parte de un metro, por ejemplo es el diámetro de un átomo de hidrógeno. Para que te des una idea de lo pequeñas que pueden ser las nanopartículas, imagina que son aún más pequeñas que una hormiga o una célula sanguínea, de hecho, están en el rango del tamaño de un virus.

Las nanopartículas que son diseñadas y fabricadas por el hombre de manera intencional, se llaman nanopartículas manufacturadas, y se puede controlar su tamaño, morfología y composición. Han mostrado tener muchas aplicaciones y se han convertido en fundamentales en industrias como la aeroespacial, tecnológica, cosmética, alimentaria, electrónica y médica (Barhoum et al., 2022).

## Descubriendo el mundo nano: ¿Qué son las nanopartículas?

¿Alguna vez has pensado en todo lo que existe en este universo que no podemos ver? Hoy vamos a hablar sobre unas partículas tan diminutas que, aunque no son visibles ante nuestros ojos tienen aplicación en la in-

## Respiras, comes y tocas: Así entran las nanopartículas a nuestro cuerpo

En ambientes ocupacionales, es decir, en las fábricas donde se producen, los trabajadores, científicos e ingenieros suelen inhalar e ingerir estas nanopartículas (NP), pero

también las personas que no trabajamos en dicha industria nos encontramos expuestas a través de muchos productos de consumo. Por ejemplo, las nanopartículas de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) se usan para dar color blanco a dulces, pero también se utilizan en protectores solares, y en la agricultura, en pesticidas y fertilizantes para promover el crecimiento de las plantas, las de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) utilizadas por sus propiedades anti-aglomerantes en distintos alimentos como las pastas, las de plata (Ag) en sábanas y ropa, y las de oro (Au) en fármacos (Barhoum et al., 2022). Es importante que sepas, que estos 4 tipos de nanopartículas son de las más producidas a nivel mundial.

Así, estamos expuestos a nanopartículas manufacturadas en muchos ámbitos de nuestras vidas a través de inhalación, ingesta oral, contacto con la piel e incluso inyecciones intravenosas (Liu et al., 2022).

## Nanopartículas: Un riesgo invisible para nuestra salud y el planeta

Tras el uso de todos los productos mencionados, las nanopartículas manufacturadas se liberan al medio ambiente, de forma que terminan en vertederos o en plantas de tratamiento de aguas residuales. Y aunque parecen inofensivas por su diminuto tamaño, los científicos han descubierto que también causan toxicidad, por lo que en los últimos años las investigaciones se han centrado en saber cuál es su impacto en la salud humana y en el medio ambiente.

Una de las formas más descritas por la cual las nanopartículas causan daño es por la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés). Las ROS son moléculas derivadas del oxígeno y algunas de ellas son reactivas e inestables. En concentraciones bajas son esenciales para el buen funcionamiento de las células, sin embargo, las nanopartículas inducen un exceso de ROS, lo cual puede causar daño en tus proteínas, lípidos o incluso dañar tu ADN. Para que te imagines mejor cómo afectan a las células de tu cuerpo, piensa en que son como un huracán el cual arrasa con todo lo que está a su alrededor, y por ello se han relacionado con enfermedades como el cáncer.

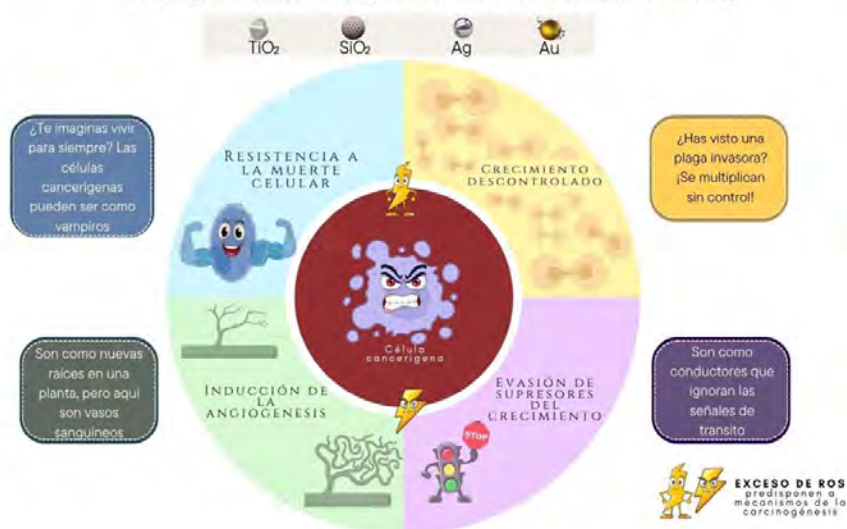
## Efectos de las nanopartículas en la salud

El cáncer es una enfermedad que se caracteriza por un crecimiento descontrolado de células anormales (Yin et al., 2021); para entenderlo mejor podríamos imaginarlo como un incendio que comienza en una parte del cuerpo y se va extendiendo rápidamente hasta consumir todos los tejidos sanos a su paso. Pero ¿cómo es que una célula sana pasa a ser cancerosa?, pues hay características que predisponen a las células, como la producción excesiva de ROS y **“mecanismos de la carcinogénesis”** (Hanahan y Weinberg, 2022). Son seis características, de las cuales aquí te explicaremos 4, ya que estas son las que se podrían desencadenar por la exposición continua a las nanopartículas:

1. **Crecimiento descontrolado.** La característica más importante de una célula cancerígena es su capacidad de dividirse descontroladamente. Mientras que un tejido normal regula las señales de crecimiento, las células cancerosas desregulan estas señales. Se dividen múltiples veces, sin nadie que las detenga.
2. **Evasión de supresores del crecimiento.** Las células cancerígenas son expertas en evadir las señales que suprimen el crecimiento. Para entender mejor este marcador, imaginemos a las células cancerosas como conductores que ignoran las señales de tránsito.
3. **Resistencia a la muerte celular.** La apoptosis es un mecanismo natural en el que una célula muere de forma programada para eliminar de nuestro cuerpo a las células dañadas. Sin embargo, las células cancerígenas han desarrollado estrategias para limitar o evitar la apoptosis.
4. **Inducción de la angiogénesis.** Los tumores requieren nutrientes y oxígeno, así como la capacidad de evacuar desechos. Los vasos sanguíneos son como una red de tuberías que provee a los diferentes tejidos nutrientes, y a la vez se lleva los desechos. La formación de más vasos sanguíneos se conoce como "angiogénesis" y es esencial para que las células cancerígenas sigan creciendo y, de hecho, las células cancerosas son tan astutas que incluso usan esos vasos sanguíneos como túneles para transportarse e invadir nuevos tejidos. Interesante, ¿verdad?

Ahora que conoces los conceptos claves en el desarrollo del cáncer, te podrías preguntar ¿cómo es que unas partículas tan diminutas podrían estar relacionadas con una enfermedad tan compleja y agresiva? Lamentablemente las nanopartículas metálicas inducen muchos de estos marcadores tal y como se muestra en la figura 1.

#### MECANISMOS DE LA CARCINOGENESIS POSIBLEMENTE INDUCIDOS POR LAS NANOPARTÍCULAS



**Figura 1.** Mecanismos de la carcinogénesis relacionados con la exposición de nanomateriales manufacturados. Nota. Imagen creada en Canva



Las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  promueven la alta producción de ROS (Zhang et al., 2022), la angiogénesis e incrementan el potencial de invasión en otros tejidos (Medina-Reyes et al., 2015), en tanto las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  provocan mayor proliferación celular (Guo et al., 2017), así como el incremento en la producción de ROS (Wang et al., 2022).

Las nanopartículas de plata y oro generan ROS e inducen la muerte celular en ratones y embriones de pez cebra (Shrivastava et al., 2016).

## Efectos de las nanopartículas en el planeta

Las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , Ag, y Au han revolucionado numerosos sectores industriales y científicos, y de hecho son las más producidas a nivel mundial por eso nos hemos enfocado en ellas. Sin embargo, su creciente uso ha despertado preocupación por los posibles efectos ambientales derivados de su liberación no controlada en ecosistemas terrestres y acuáticos. Hablemos de cada una de ellas.

Las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ , ampliamente utilizadas en cosméticos, pinturas y filtros solares, pueden acumularse en cuerpos de agua y al estar en contacto con la radiación ultravioleta forman altas cantidades de ROS, lo cual afecta a organismos fotosintéticos, como algas y fitoplancton (Zeng et al., 2024), que son esenciales para la generación del oxígeno que respiramos.

Por su parte, las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ , presentes en productos alimentarios, farmacéuticos y electrónicos, interactúan con contaminantes orgánicos e inorgánicos y se convierten en el transporte de otras sustancias tóxicas, afectando el suelo y el agua.

En el caso de aquellas que contienen oro, son empleadas en aplicaciones biomédicas y sensores, su impacto ecológico ha sido menos estudiado, pero algunos trabajos sugieren que pueden acumularse en tejidos de organismos acuáticos y alterar funciones celulares, especialmente en especies filtradoras como moluscos.

Por último, las nanopartículas de plata, valoradas por sus propiedades antimicrobianas, son probablemente las más preocupantes desde el punto de vista ambiental. Su liberación en el agua, a través de textiles, productos de higiene y dispositivos médicos (McGillicuddy et al. 2017), puede afectar gravemente a bacterias benéficas del suelo y del agua, alterando ciclos biogeoquímicos esenciales como la fijación de nitrógeno. Además, generan exceso de ROS, lo que contribuye a su toxicidad. Su acumulación en la cadena trófica plantea riesgos aún no completamente comprendidos, con potenciales efectos en peces, aves y humanos. Aunque las concentraciones ambientales actuales suelen ser bajas, la exposición crónica y la interacción con otros contaminantes hacen que los efectos de estas nanopartículas sean difíciles de predecir.

Por ello, es urgente promover más estudios ecotoxicológicos, desarrollar métodos estandarizados de evaluación de riesgos y

fomentar prácticas industriales sostenibles que minimicen su liberación para lograr un desarrollo responsable de la nanotecnología que no comprometa la salud ambiental ni la biodiversidad del planeta (Figura 2).



**Figura 2.** Nanopartículas: Usos, vías de exposición y efectos en el cuerpo humano y en el planeta.

Nota. Imagen creada en Canva.

## Nanopartículas: Un arma de doble filo

En este punto tal vez estarás preocupado por los efectos negativos que tienen las nanopartículas en la salud humana y en el planeta, pero no todo es malo... Gracias al desarrollo de la nanotecnología, las nanopartículas se han utilizado en el tratamiento de enfermedades como el cáncer. ¿Recuerdas que las nanopartículas podrían generar ROS? En una célula sana eso tendría un efecto negativo, sin embargo, en las células cancerosas eso se ha utilizado para atacarlas, ya que la alta generación de ROS lleva a las células cancerígenas más allá de sus límites e inducen la muerte celular programada (Sanati et al., 2022). Actualmente, las Ag-NP y Au-NP se han propuesto para ser usadas en la terapia contra el cáncer (Sanati et al., 2022). De forma que, podría decirse que las nanopartículas son un arma de doble filo.

## Conclusiones

Las nanopartículas están presentes en varios aspectos de nuestra vida, tanto en los productos procesados que comemos hasta en protectores solares o medicamentos, y aunque han traído beneficios, e incluso se proponen como terapia para el cáncer también inducen toxicidad en nuestra salud y el planeta. Ahora que entendemos mejor cómo funciona el cáncer y los daños que podrían causar esas nanopartículas por muy pequeñas que sean, te recomendamos mantenerte informado, pues los científicos continúan evaluando su toxicidad y esperamos que, en los próximos años, los residuos después de la producción de nanopartículas sean mejor manejados, ya que podrían ser peligrosos para la vida acuática, y que además, los productos de consumo humano que contienen nanopartículas tengan explícita una leyenda para que se informe a los consumidores, incluido tú.

## Referencias

Barhoum, A., García-Betancourt, M. L., Jeevanandam, J., Hussien, E. A., Mekkawy, S. A., Mostafa, M., Omran, M. M., S Abdalla, M., y Bechelany, M. (2022). Review on Natural, Incidental, Bioinspired, and Engineered Nanomaterials: History, Definitions, Classifications, Synthesis, Properties, Market, Toxicities, Risks, and Regulations. *Nanomaterials* (Basel, Switzerland), 12(2), 177. <https://doi.org/10.3390/nano12020177>

Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., y Rizzolio, F. (2019). The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical-Physical Applications to Nanomedicine. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(1), 112. <https://doi.org/10.3390/molecules25010112>

Guo, C., Wang, J., Yang, M., Li, Y., Cui, S., Zhou, X., Li, Y., y Sun, Z. (2017). Amorphous silica nanoparticles induce malignant transformation and tumorigenesis of human lung epithelial cells via P53 signaling. *Nanotoxicology*, 11(9-10), 1176-1194. <https://doi.org/10.1080/17435390.2017.1403658>

Hanahan D. (2022). Hallmarks of Cancer: New Dimensions. *Cancer discovery*, 12(1), 31-46. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-1059>

Liu, Y., Zhu, S., Gu, Z., Chen, C., y Zhao, Y. (2022). Toxicity of manufactured nanomaterials. *Particuology*, 69, 31-48. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2021.11.007>

McGillicuddy, E., Murray, I., Kavanagh, S., Morrison, L., Fogarty, A., Cormican, M., Dockery, P., Pendergast, M., Rowan, N., & Morris, D. (2017). Silver nanoparticles in the environment: Sources, detection and ecotoxicology. *The Science of the total environment*, 575, 231-246. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.041>

Medina-Reyes, E. I., Déciga-Alcaraz, A., Freyre-Fonseca, V., Delgado-Buenrostro, N. L., Flores-Flores, J. O., Gutiérrez-López, G. F., Sánchez-Pérez, Y., García-Cuellar, C. M., Pedraza-Chaverri, J., y Chirino, Y. I. (2015). Titanium dioxide nanoparticles induce an adaptive inflammatory response and invasion and proliferation of lung epithelial cells in chorioallantoic membrane. *Environmental research*, 136, 424-434. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.016>

Sanati, M., Afshari, A. R., Kesharwani, P., Sukhorukov, V. N., & Sahebkar, A. (2022). Recent trends in the application of nanoparticles in cancer therapy: The involvement of oxidative stress. *Journal of controlled release : official journal of the Controlled Release Society*, 348, 287-304. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2022.05.035>



Yin, W., Wang, J., Jiang, L., y James Kang, Y. (2021). Cancer and stem cells. *Experimental biology and medicine* (Maywood, N.J.), 246(16), 1791–1801. <https://doi.org/10.1177/15353702211005390>

Zhang, J., Shi, J., Han, S., Zheng, P., Chen, Z., y Jia, G. (2022). Titanium dioxide nanoparticles induced reactive oxygen species (ROS) related changes of metabolomics signatures in human normal bronchial epithelial (BEAS-2B) cells. *Toxicology and applied pharmacology*, 444, 116020. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2022.116020>

Zeng, Y., Molnárová, M., & Motola, M. (2024). Metallic nanoparticles and photosynthesis organisms: Comprehensive review from the ecological perspective. *Journal of environmental management*, 358, 120858. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120858>

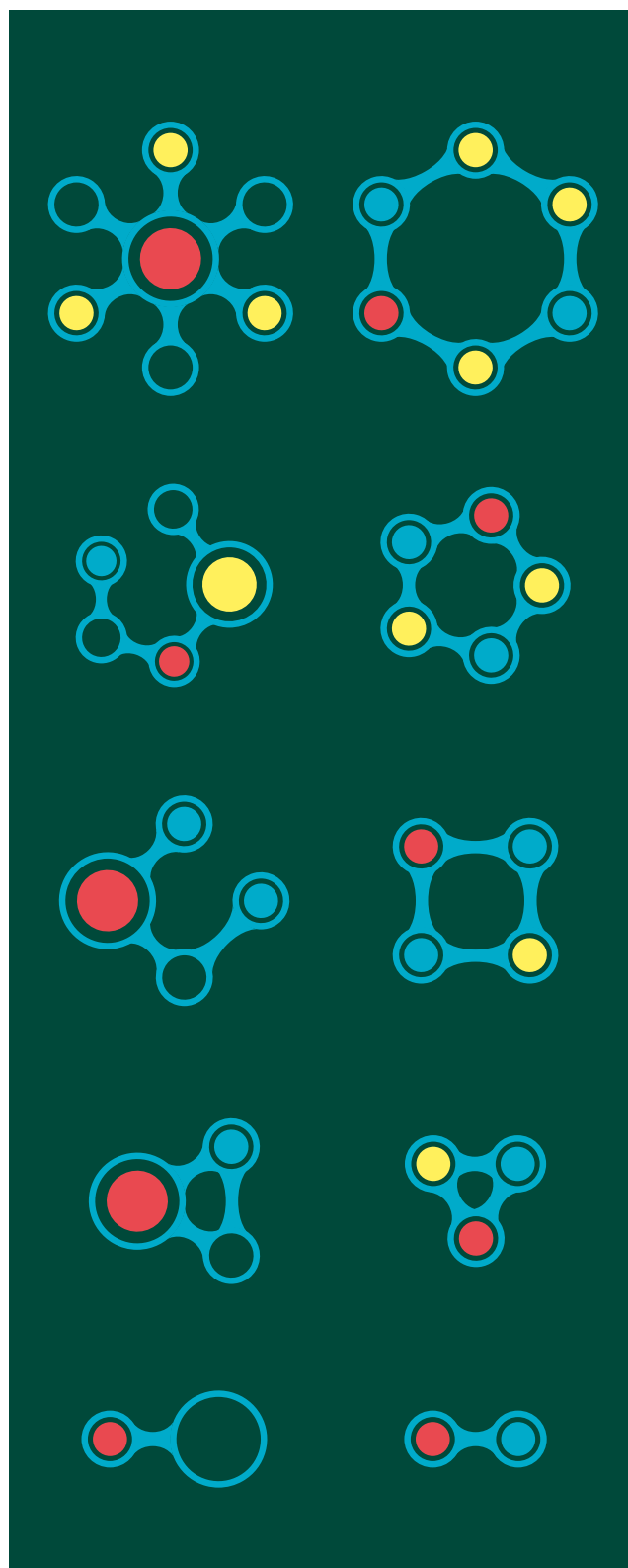
## Sobre los autores/as

**Biol. Evelyn Gómez Garfías.** Bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, su tesis de titulación se enfocó en el efecto del edulcorante aspartame y sus metabolitos en el estrés del retículo endoplásmico en células de colon. Email: [evegarfiasunam@gmail.com](mailto:evegarfiasunam@gmail.com)

**Dra. Estefany I. Medina-Reyes.** Bióloga y doctora en ciencias, con experiencia en toxicología. Su trabajo se enfoca en evaluar los efectos adversos que tienen algunos nanomateriales y aditivos alimentarios. Email: [medinaingrid0@gmail.com](mailto:medinaingrid0@gmail.com)

**Dra. Yolanda I. Chirino.** Profesora de tiempo completo en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, y científica cuya línea de investigación es la toxicología y la carcinogénesis. Email: [chirino@unam.mx](mailto:chirino@unam.mx)

Los autores agradecen al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IG200425, IN209522).



# ¿Tu vaso de leche guarda un enemigo invisible?

## Aflatoxinas: el riesgo silencioso en los lácteos

Edna Mariana Torres Bautista  
Rey Gutiérrez Tolentino  
Beatriz Schettino Bermúdez  
Claudia Cecilia Radilla Vázquez



## Resumen

La leche es un alimento valioso por su contenido en proteínas, vitaminas y minerales esenciales para el desarrollo óseo, muscular y neurológico. Sin embargo, también puede representar un riesgo invisible: la presencia de aflatoxinas, compuestos tóxicos producidos por hongos del género *Aspergillus*, que contaminan los alimentos del ganado. Al ser consumidas por vacas lecheras, estas toxinas se transforman en aflatoxina M1, que pasa a la leche y resiste procesos térmicos como la pasteurización. Su consumo prolongado se ha asociado con cáncer hepático, inmunosupresión, problemas hormonales y desnutrición infantil. La exposición aguda puede causar intoxicaciones graves. Estas toxinas representan una amenaza seria, especialmente en poblaciones vulnerables. Por ello, el artículo enfatiza la necesidad de vigilancia estricta, buenas prácticas agrícolas y control en la cadena alimentaria para garantizar una leche segura y nutritiva. Comprender estos riesgos es esencial para tomar decisiones informadas y proteger la salud pública.

## Introducción

La leche es un alimento natural que producen los animales mamíferos —como vacas, cabras u ovejas, entre otros— para alimentar a sus crías, pero también es un componente esencial en la dieta humana. **¿Por qué es tan valiosa?** Por su riqueza en nutrientes clave: sus proteínas ayudan a reparar y desarrollar músculos (ideal para deportistas, así como

niños y adolescentes en crecimiento), mientras que su contenido de vitaminas (B12, ácido fólico y D) y minerales (calcio, fósforo y magnesio) ayudan a fortalecer huesos y dientes, reduciendo el riesgo de fracturas. Además, estudios sugieren que su consumo moderado podría beneficiar la salud cardiovascular, ayudar a controlar el peso, regular la presión arterial e incluso aportar energía. ¿Y si no toleras la lactosa? ¡No es un impedimento! Hoy existen versiones deslactosadas que conservan todos sus nutrientes, pero son digeribles para todos. Por eso sigue siendo un alimento básico en culturas de todo el mundo, ¡incluida la nuestra!

Sin embargo, aunque su valor nutricional es innegable, existe un lado menos conocido: ese vaso de leche que tomas cada mañana podría esconder un riesgo invisible. **¿La razón?** La leche puede convertirse en un vehículo de compuestos tóxicos que llegan a tu mesa sin que lo notes. Entre ellos destacan las aflatoxinas —sustancias peligrosas producidas por hongos que contaminan los alimentos del ganado— y que plantean un desafío silencioso para la salud, ya que estas toxinas no solo representan un problema para la calidad e inocuidad de los lácteos, sino que también están asociadas con múltiples riesgos para la salud humana, desde alteraciones inmunológicas hasta potenciales efectos cancerígenos. Lo más preocupante es que las aflatoxinas son resistentes a los métodos térmicos convencionales de procesamiento de alimentos, como la pasteurización, lo que hace aún más difícil su eliminación una vez que han ingresado a la cadena alimentaria.

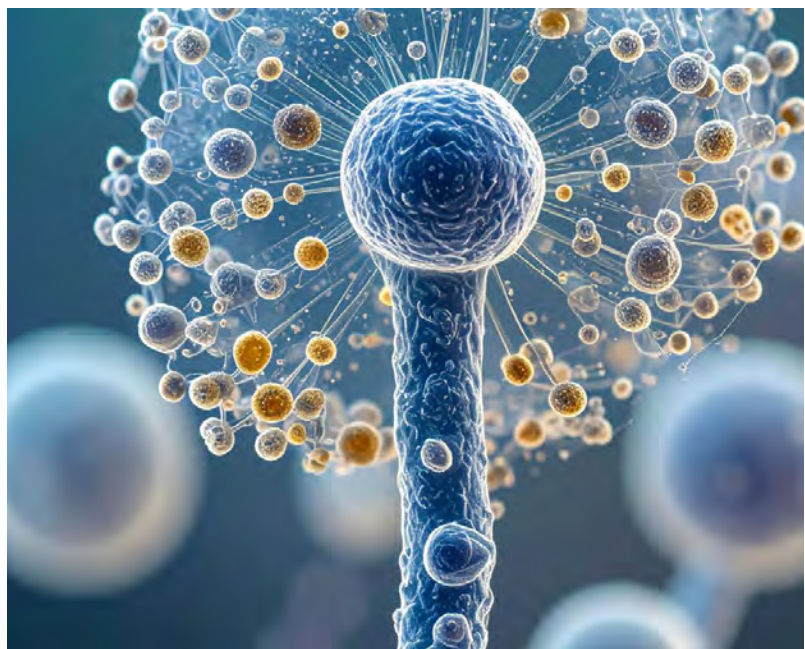


Este artículo busca dar visibilidad a un tema que, aunque poco conocido para muchos consumidores, tiene grandes implicaciones para la salud pública. A través de esta revisión, conocerás qué son las aflatoxinas, cómo llegan a la leche y cuáles son sus efectos en la salud, ya que entender estos riesgos es el primer paso para tomar decisiones informadas.

## ¿De dónde vienen las aflatoxinas?

Las aflatoxinas son un tipo de micotoxinas producidas por hongos del género *Aspergillus*, un organismo filamentoso saprofítico, es decir, tiene unos filamentos llamados hifas —las unidades estructurales de este tipo de hongos—, y se caracterizan por descomponer la materia orgánica para obtener sus nutrientes. Pertenece a la clase *Hyphomycetes* y se caracteriza por la formación de conidióforos con estípites grandes, paredes gruesas y ápice hinchado o vesículas, que producen las esporas para su reproducción (figura 1) (Flores-Gallegos et al., 2016).

Existen alrededor de 250 especies, pero al menos 19 de ellas han sido consideradas como agentes infecciosos oportunistas. Los principales productores de aflatoxinas son *A. flavus*, *A. parasiticus* y *A. nomius*, que producen cuatro variantes principales de aflatoxinas —B1, B2, G1 y G2—, siendo la B1 la más tóxica, mientras que las aflatoxinas M1 y M2 son producidas a partir del metabolismo de B1 y B2, respectivamente (Kumar et al., 2017).



**Figura 1.** Microestructura de la espora de *Aspergillus*.  
Nota: Imagen generada mediante Adobe Firefly.

Este tipo de hongos se desarrollan principalmente en cultivos de maíz, trigo, arroz, frutos secos, nueces o bien, en heno, ensilados o granos destinados al consumo del ganado, y la contaminación puede darse antes o después de la cosecha debido a malas prácticas de almacenamiento (Ndagijimana et al., 2020; Jiang et al., 2021).

El desarrollo y la germinación de las esporas de *Aspergillus* dependen de una combinación de factores externos e internos. Entre los externos se encuentran la temperatura, la luz, la humedad relativa, la actividad acuosa del sustrato y la disponibilidad de nutrientes, mientras que entre los internos destacan las interacciones biológicas con insectos y otros organismos. Este hongo puede desarrollarse en un intervalo de temperatura de 6 a 47 °C, siendo la temperatura óptima entre 25 y 35 °C, la cual también favorece el crecimen-



to cuando la cantidad de agua del alimento es alta (Flores-Gallegos et al., 2016).

Además, condiciones como una humedad relativa superior al 85 %, un pH entre 3 y 6, y niveles adecuados de oxígeno y dióxido de carbono son esenciales para su crecimiento (Flores-Gallegos et al., 2016; Kumar et al., 2021). Un sustrato con alto contenido de carbohidratos también promueve una mayor producción del hongo. La contaminación de los cultivos puede ocurrir antes de la cosecha debido a la presencia natural del hongo en el suelo, y continúa durante la postcosecha, especialmente si los granos se almacenan en condiciones favorables para su desarrollo (Kumar et al., 2021).

## ¿Y cómo es que estas sustancias llegan a la leche?

La aflatoxina B1 llega a la leche principalmente a través de un proceso de transferencia del alimento contaminado. Cuando las vacas lecheras consumen alimento que contiene esta micotoxina, esta circula por el torrente sanguíneo y es transportada hasta el hígado, donde es metabolizada por una enzima y es convertida en aflatoxina M1. Este metabolito (la aflatoxina M1) vuelve a circular en la sangre, llegando a tejidos, incluidas las glándulas mamarias, donde se excreta a través de la leche destinada al consumo humano (figura 2) (Min et al., 2021; Zentai et al., 2023). Sin embargo, se ha documentado que la transformación de aflatoxina B1 a M1 también puede ocurrir en las células de las glándulas mamarias, representando una

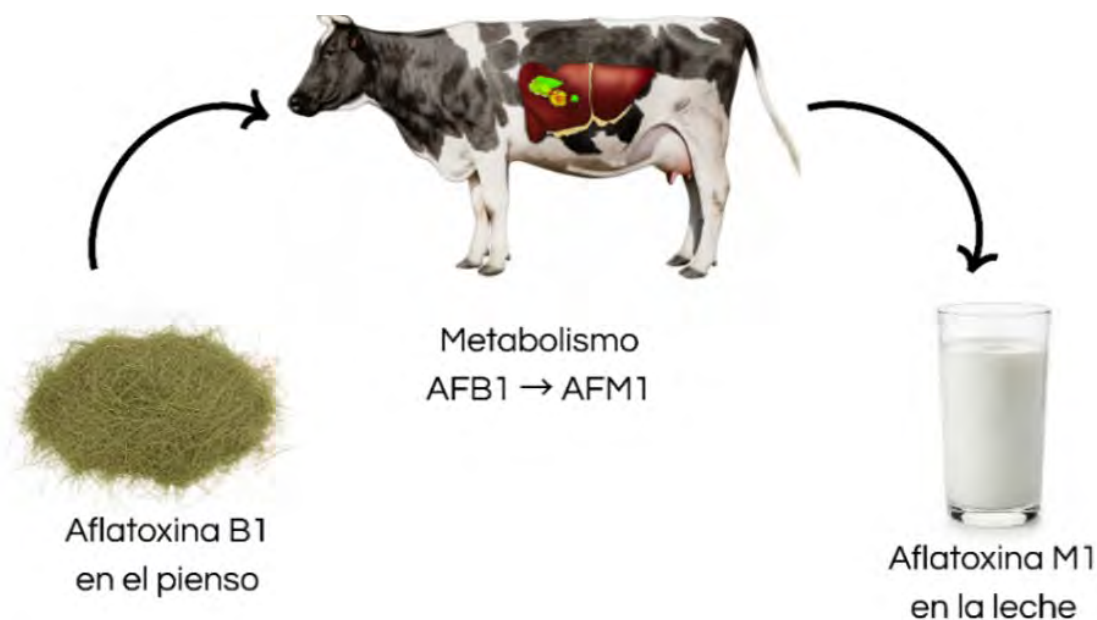
vía adicional de contaminación de la leche, sobre todo cuando el ganado está expuesto a niveles altos de contaminación con estas micotoxinas a través de la dieta (Min et al., 2021).

Los factores que influyen en esta transferencia incluye la cantidad de aflatoxina B1 en el alimento, la producción de leche de la vaca, el tipo de alimento, la ubicación geográfica e incluso la estación del año. Esta contaminación representa un riesgo significativo para la seguridad alimentaria, ya que la aflatoxina M1 es resistente a los métodos térmicos comunes de procesamiento de la leche, como la pasteurización, la ultrapasteurización y la esterilización, y pueden llegar a encontrarse en derivados lácteos como quesos o yogures. No obstante, se ha visto que, al retirar las fuentes de contaminación, los niveles de aflatoxina M1 en la leche disminuyen significativamente. Por lo tanto, controlar los niveles de aflatoxina en los piensos para ganado lechero es crucial para minimizar su presencia en la leche y sus derivados, y proteger la salud pública (Min et al., 2021; Zentai et al., 2023).

## ¿Qué pasa si consumimos leche y productos lácteos contaminados con aflatoxinas?

Uno de los efectos más estudiados es su potencial cancerígeno. La aflatoxina B1 es la más peligrosa de todas y es clasificada por la Agencia Internacional para la Investigación

sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) como carcinógeno del Grupo 1, es decir, con evidencia suficiente de causar cáncer en humanos, particularmente cáncer de hígado, y este riesgo se incrementa de manera importante en personas con infección por el virus de la hepatitis B, debido a un efecto sinérgico entre ambos agentes. Por otro lado, la aflatoxina M1, es clasificada en el grupo 2B como posible cancerígeno en humanos (Gong et al., 2016; Kumar et al., 2017).



**Figura 2.** Paso de la aflatoxina B1 en la cadena de producción de la leche.

Nota: Imagen generada mediante Canva.

Además del cáncer, la exposición prolongada o crónica a aflatoxinas puede producir una serie de alteraciones en el organismo. Se ha documentado que debilitan el sistema inmunológico, lo que reduce la capacidad del cuerpo para defenderse frente a infecciones y enfermedades. También se han asociado con procesos teratogénicos, aumentando el riesgo de malformaciones fetales durante el embarazo, y con mutagénesis, es decir, cambios en la secuencia del ADN que pueden alterar el funcionamiento normal de las células. Estas toxinas afectan también el equilibrio hormonal, interfiriendo en diversos procesos fisiológicos (Benkerroum, 2020).

En la infancia, su impacto es especialmente preocupante, ya que se relaciona con casos de desnutrición severa, como el kwashiorkor, así como con retraso en el crecimiento. Esto se debe a que las aflatoxinas interfieren con la absorción de nutrientes esenciales como las vitaminas A, C y E, y minerales como el selenio (Benkerroum, 2020).

Por el contrario, la exposición aguda a aflatoxinas —también llamada aflatoxicosis— sucede cuando se ingieren dosis muy altas de estas toxinas en un periodo muy corto. En esos casos, el cuerpo reacciona con síntomas muy evidentes como náuseas fuertes, vómitos continuos y dolor en el abdomen. Además, puede aparecer ictericia (la piel y los ojos se vuelven amarillos) porque el hígado ya no logra eliminar la bilirrubina. También pueden presentarse problemas de coagulación, lo que se traduce en moretones o sangrados. Cuando la intoxicación es muy grave, el daño hepático puede avanzar a insuficiencia hepática e incluso afectar los riñones, provocando hinchazón, convulsiones o pérdida de la conciencia (Dhakal et al., 2023).

En conjunto, estos efectos convierten a las aflatoxinas en una amenaza silenciosa para la salud pública y son especialmente preocupantes en poblaciones vulnerables, como niños pequeños, mujeres embarazadas y personas con un sistema inmune debilitado. Por ello, el control y monitoreo de aflatoxinas en alimentos y piensos es una prioridad de salud pública a nivel mundial.

## Conclusión

Las aflatoxinas en los productos lácteos representan una amenaza real, persistente y subestimada para la salud humana. Su presencia en la leche, resultado de un proceso de contaminación que inicia en los cultivos y continúa a lo largo de la cadena de producción láctea, exige una vigilancia constante y estrategias efectivas de control.

Estas toxinas son capaces de resistir los tratamientos térmicos tradicionales y su toxicidad, tanto en exposiciones a corto como a largo plazo, puede afectar gravemente al sistema inmunológico, al desarrollo infantil y, en casos más graves, incrementar el riesgo de padecer cáncer. Esta situación se agrava aún más en regiones donde el control de calidad en la producción alimentaria es deficiente o donde las regulaciones no se aplican de forma estricta.

Por ello, el abordaje de este problema debe ser integral: desde la implementación de buenas prácticas agrícolas y de almacenamiento, hasta la vigilancia regulatoria del contenido de aflatoxinas en piensos para ganado y productos lácteos. Es crucial fomentar la investigación, promover tecnologías de detoxificación accesibles y asegurar el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales y, mediante una acción coordinada entre productores, autoridades sanitarias y consumidores será posible garantizar una leche segura, libre de contaminantes invisibles y verdaderamente nutritiva.

“Porque la inocuidad de nuestros alimentos protege nuestra salud”.

## Referencias

Benkerroum, N. (2020). Chronic and acute toxicities of aflatoxins: Mechanisms of action. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 423. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020423>

- Dhakal, A., Hashmi, M. F., & Sbar, E. (2023, February 19). Aflatoxin toxicity. En StatPearls. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557781/>
- Flores Gallegos, A. C., Veana-Hernandez, F., Michel-Michel, M., Lara-Victoriano, F., & Rodríguez-Herrera, R. (2016). Molecular evolution of *Aspergillus*. En V. K. Gupta (Ed.), *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering* (pp. 41–51). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63505-1.00003-8>
- Gong, Y. Y., Watson, S. & Routledge, M. N. (2016). Aflatoxin exposure and associated human health effects: A review of epidemiological studies. *Food Safety*, 4(1), 14–27. <https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.2015026>
- Jiang, Y., Ogunade, I. M., Vyas, D. & Adesogan, A. T. (2021). Aflatoxin in dairy cows: Toxicity, occurrence in feedstuffs and milk, and dietary mitigation strategies. *Toxins*, 13(4), 283. <https://doi.org/10.3390/toxins13040283>
- Kumar, A., Pathak, H., Bhadauria, S., & Sudan, J. (2021). Aflatoxin contamination in food crops: Causes, detection, and management: A review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3, 17. <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00064-y>
- Kumar, P., Mahato, D. K., Kamle, M., Mohanta, T. K. & Kang, S. G. (2017). Aflatoxins: A global concern for food safety, human health, and their management. *Frontiers in Microbiology*, 7, 2170. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02170>
- Min, L., Fink-Gremmels, J., Li, D., Tong, X., Tang, J., Nan, X., Yu, Z., Chen, W., & Wang, G. (2021). An overview of aflatoxin B1 biotransformation and aflatoxin M1 secretion in lactating dairy cows. *Animal Nutrition*, 7, 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.11.002>
- Ndagijimana, R., Shahbaz, U. & Sun, X. (2020). Aflatoxin B1 in food and feed: An overview on prevalence, determination and control tactics. *Journal of Academia and Industrial Research*, 8(8), 140–145.
- Zentai, A., Józwiak, Á., Süth, M., & Farkas, Z. (2023). Carry-over of aflatoxin B1 from feed to cow milk—A review. *Toxins*, 15(3), 195. <https://doi.org/10.3390/toxins15030195>

## Sobre los autores/as

**L.N. Edna Mariana Torres Bautista.** Estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Email: 2252801588@alumnos.xoc.uam.mx

**Dr. Rey Gutiérrez Tolentino.** Profesor Titular de Carrera Nivel C de Tiempo Completo del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, con línea de investigación en calidad e inocuidad de los alimentos con énfasis en la leche y productos lácteos, y su efecto en la nutrición humana. Email: reygut@correo.xoc.uam.mx

**Dra. Beatriz Schettino Bermúdez.** Profesora Titular de Carrera Nivel A de Tiempo Completo del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, con intereses de investigación en la evaluación de la calidad e inocuidad de los alimentos, presencia de sustancias residuales en los alimentos y lípidos bioactivos en la leche y derivados. Email: schettin@correo.xoc.uam.mx

**Dra. Claudia Cecilia Radilla Vázquez.** Profesora Titular de Carrera Nivel C de Tiempo Completo del Departamento de Atención a la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, con línea de investigación en la generación de un modelo de intervención para la promoción de hábitos y estilos de vida saludable creando y usando tecnologías de salud móvil para niños, adolescentes y adultos de la Ciudad de México, e intereses de investigación en promoción de hábitos de vida saludable, inocuidad alimentaria, calidad de los alimentos y funcionalidad de los alimentos. Email: cradilla@correo.xoc.uam.mx



# ¿La hora de tu medicamento, es tan importante como la dosis?

## Conoce el fascinante mundo de la Cronofarmacología

Yoshio de Jesús Mena Gavia

Jorge Armando Tinoco Michel



## Resumen

La cronoterapia o cronofarmacología estudia cómo la administración de medicamentos sincronizada con los ritmos biológicos del cuerpo puede mejorar la eficacia de los tratamientos y reducir efectos secundarios. Los ritmos circadianos, regulados por el “reloj central” en el cerebro y relojes periféricos en órganos como hígado o corazón, influyen en la absorción, distribución y acción de los fármacos. Ejemplos incluyen tomar antihipertensivos por la noche para un mejor control de la presión, estatinas en la noche cuando el hígado produce más colesterol o melatonina para tratar el insomnio. Avances tecnológicos como cápsulas de liberación pulsátil, parches inteligentes y microagujas buscan adaptar la liberación de medicamentos al momento exacto en que el organismo los necesita. Aunque persisten desafíos regulatorios, económicos y éticos, la cronofarmacología ofrece una oportunidad para tratamientos más personalizados, seguros y efectivos. En México, su aplicación representa un campo prometedor para mejorar el manejo de enfermedades crónicas y avanzar hacia una medicina más humana.

## Introducción

Imagina que tu medicamento te susurra al oído: *“Es la hora perfecta para actuar”*. Esta frase resume la esencia de la cronoterapia, una estrategia que consiste en administrar los medicamentos en sincronía con los ritmos circadianos, es decir, los ciclos biológi-

cos que regulan nuestras funciones a lo largo del día, como el sueño, la temperatura corporal y la liberación de hormonas. Aprovechar este “reloj biológico” no solo puede mejorar la eficacia de los tratamientos, sino también reducir sus efectos adversos. La evidencia lo respalda: un resumen de estudios científicos encontró que el momento del día en que se toma un medicamento influye significativamente en su efectividad, su tolerancia y en la aparición de efectos secundarios, en comparación con los horarios convencionales (Lu et al., 2022; Kaşkal et al., 2025).

Los primeros detalles de la Cronoterapia fueron expuestos en experimentos desarrollados en el periodo que comprende los años 1960 – 1970 en animales de experimentación y voluntarios humanos, obteniendo resultados mixtos, los cuales generaron debate y llevaron al refinamiento metodológico (Ballesta et al., 2017). No obstante, hoy, gracias al crecimiento de herramientas avanzadas para estudiar los componentes fundamentales de la vida (genes) y las moléculas que realizan diversas funciones en nuestro cuerpo (proteínas), además del uso de modelos computacionales han podido entender y aportar nueva evidencia sobre la eficacia de la cronoterapia contra enfermedades de relevancia pública, como hipertensión, cáncer, diabetes entre otras. Por ejemplo, administrar hipertensivos por la noche mejora el control de la presión arterial en un 20 % respecto a dosis matutinas. Investigaciones en cáncer y diabetes han comenzado a crear guías para el medicamento actúa en el momento justo (cronodosificación) (Lu et al., 2022; Kaşkal et al., 2025; Ballesta et al., 2017; Youan, 2024; Butler et al., 2024).

Es imperativo compartir estos avances para que en un futuro se puedan desarrollar guías prácticas de cronodosis dirigidas al paciente. Sólo así se podrá ofrecer al médico una perspectiva donde el “cuándo” sea tan relevante como el “qué”, y lograr un cambio real en la seguridad y eficacia de tratamientos.

## Nuestro reloj interior: la base de la cronofarmacología

Los ritmos biológicos son el director de orquesta que a su vez son resultado de una adaptación a los ciclos del día y la noche, con un periodo de 20 h, que se pueden clasificar en ritmos ultradianos (<20 h, p. ej., liberación de cortisol, que ocurre cada 90 minutos), circadianos (=24h, por ejemplo, el ciclo de sueño-vigilia) e infradianos (>28 h, como ejemplo, el ciclo menstrual) (Lu et al., 2024; Ballesta et al., 2017; Youan, 2024).

El hipotálamo es una estructura en el cerebro que actúa como el “reloj” central y el principal receptor de las señales de luz/oscuridad a través de la retina (estructura que reside en el ojo) y las transmite por el organismo. A su vez también existen ‘relojes’ en otras partes del cuerpo, como el del hígado, que tiene su propio “horario interno”, con picos de actividad cuando empieza a haber luz. Esto influye directamente en cómo el cuerpo absorbe, distribuye, procesa y elimina un medicamento; otros ejemplos de “relojes periféricos” son, la piel, el riñón, el pulmón y el corazón que son coordinados por el “reloj central”, a través de hormonas, la tempera-

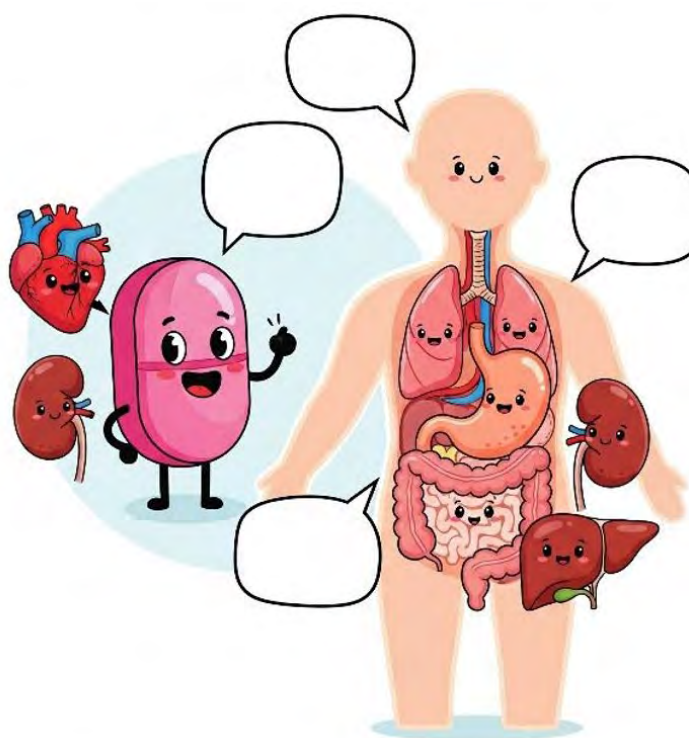
tura, el sueño y esta sincronización, mediada por la luz solar, permite el buen funcionamiento del organismo (Lu et al., 2022; Butler et al., 2024).

Un ejemplo de esto es cuando se dan activadores (que son como el ‘botón de encendido’ que despierta una función en el cuerpo) de melatonina. La melatonina es una hormona que le dice a tu cuerpo cuándo dormir y cuándo estar despierto. Estos activadores de melatonina, o a veces la melatonina directamente, se usan para tratar el insomnio (cuando te cuesta dormir) y se toman por la noche, antes de acostarse. Así, ayudan a sincronizar el reloj biológico de tu cuerpo (Kaşkal et al., 2025; Youan, 2010); Otro ejemplo es el tratamiento de la dislipidemia. Esta es una condición en la que tienes el colesterol (o grasas) un poco descontrolado en la sangre. Para tratarla, a veces los médicos sugieren tomar unos medicamentos llamados inhibidores por la noche.

¿Por qué de noche? Porque es justo cuando el cuerpo está fabricando la mayor cantidad de colesterol. Al tomar el medicamento en ese momento, el fármaco estará más concentrado en tu cuerpo cuando más lo necesita, lo que lo hace más efectivo (Kaşkal et al., 2025).

La administración de un medicamento por vía oral depende en gran medida del vaciado gástrico que influye en la solubilidad del fármaco y la movilidad intestinal, que ocurren a mayor velocidad durante el día lo que contribuye a una mayor absorción y distribución del medicamento (cronofarmacodinamia) (Lu et al., 2022; Butler et al., 2024; Dallmann et al., 2014).





**Imagen 1.** Imagen de una píldora conversando con los órganos. Diseñada por Mena Y. (2025). En Canva®

## Cuando el medicamento habla tu idioma

La “cronofarmacología” trata de que un medicamento se libere justo cuando el cuerpo está más preparado para recibirlo o bien cuando lo necesita (Butler et al., 2024). Imaginemos a los receptores en la célula como “micrófonos” que sólo captan señales en ciertos momentos del día (Nainwal, 2012) así, el cronofármaco no suelta el medicamento de a poquito todo el tiempo, sino que lo libera sólo cuando los “micrófonos” están más atentos y listos para escuchar, lo que garantiza una máxima eficacia y reduce la carga tóxica (Kim & Jo, 2024). Esta “conversación temporal” se vuelve un intercambio preciso:

el cuerpo “pregunta” cuándo necesita intervención, y el sistema crono-dirigido “responde” en el momento adecuado (Mandal et al., 2010).

Existe evidencia que relaciona la migraña con eventos hormonales matutinos, como la liberación de cortisol (hormona relacionada con el estrés) y melatonina, es por ello que algunos estudios sugieren la medicación a primera hora de la mañana para reducir la gravedad y frecuencia de los dolores de cabeza ocasionados por migraña (Kaşkal et al., 2025).

En el caso de la hipertensión, la tensión arterial sufre un alza matutina y un descanso nocturno, lo que refleja el ritmo vascular y hormonal, existe evidencia que demuestra que tomar los hipertensivos por la noche reduce la incidencia de eventos cardiovasculares mayores como un paro cardíaco, al coincidir con los picos de actividad del sistema renina-angiotensina el cual es un sistema que se encarga de la regulación de la presión arterial (Kim & Jo, 2024; Mandal et al., 2010).

Para pacientes que están en una terapia de reemplazo hormonal (que es cuando les dan las hormonas que a su cuerpo le faltan, como si fuera un “refuerzo”), normalmente se recomienda que el medicamento (que suele ser Levotiroxina) se tome entre 30 y 60 minutos antes del desayuno.

Pero, a veces también se puede sugerir tomarlo varias horas después de cenar, justo antes de acostarse (de nuevo, con el estómago vacío). ¿Por qué? Porque las hormonas tienen mucho que ver con el reloj biológico. La hormona que estimula la tiroides (llama-



da TSH) alcanza su nivel más alto de forma natural por la noche. Tomar el medicamento en ese momento puede hacer que funcione mejor y que el tratamiento sea más efectivo (Kaşkal et al., 2025).

Se afirma que la administración de metformina por la noche tendría un mejor efecto sobre el control de los niveles de glucosa en sangre porque la producción de glucosa hepática alcanza su punto máximo en la noche (Kaşkal et al., 2025). Para el caso de pacientes dependientes de insulina el objetivo de la terapia es imitar el patrón normal de secreción interna continua y estimulada por la comida, por lo que la administración podría ser nocturna para contrarrestar los efectos de producción de glucosa, lo que se traduce en una disminución del fenómeno del amanecer; y antes de alimentos para prevenir aumentos posprandiales (después de alimentos) de glucosa (Kaşkal et al., 2025; Youan, 2024; Mandal et al., 2010).

En este contexto, la evolución de las tecnologías de liberación crono-sincronizada, abre nuevas posibilidades para aplicar estos hallazgos en el diseño de sistemas de dosificación avanzados.

## Tecnología al compás: del laboratorio al futuro

Los sistemas adaptativos son plataformas tecnológicas que reaccionan de manera inteligente a estímulos internos o externos con el objetivo de optimizar su rendimiento. En el campo de la farmacia, estos sistemas

buscan sincronizar la administración de fármacos con las necesidades del organismo, minimizando los efectos secundarios y potenciando su eficacia terapéutica (Kaşkal et al., 2025; Youan, 2024;10).



**Imagen 2.** Reloj inteligente que detecta el momento adecuado para administrar el medicamento según los signos vitales. Diseño por Mena (2025) en Gemini AI® app.

Las fórmulas de liberación pulsátil son como pequeños paquetes que, después de que se ingieren, esperan un rato y luego sueltan el medicamento en “estallidos” o ráfagas, una o varias veces. Esto es genial porque se ajustan a horas específicas en las que el cuerpo necesita más el medicamento. Un ejemplo que ya existe es la cápsula “Pulse in-cap”, que va soltando dosis en diferentes momentos a lo largo del día.

Por otro lado, los sistemas retardados tienen un recubrimiento especial con varias capas. Estas capas se van deshaciendo después de un tiempo específico que ya está

programado, y cuando se rompen, liberan todo el medicamento de golpe. Esto es perfecto para medicinas que, por ejemplo, alivian los síntomas de la mañana en enfermedades como la artritis. (Kaşkal et al., 2025; Youan, 2024; Mandal et al., 2010).

En la administración a través de la piel, los parches inteligentes y las microagujas sólidas o recubiertas, ofrecen soluciones indoloras y adaptativas, algunas se disuelven en la piel cuando detectan cambios de temperatura o biomarcadores inflamatorios, mientras que los parches incorporan sensores que activan la dosificación al registrar señales como pH (nivel de acidez) cutáneo o niveles de mediadores químicos, lo que facilita la adherencia al tratamiento al integrarse discretamente en la rutina diaria (Youan, 2024; Mandal et al., 2010).

De cara al futuro, la sincronía de dispositivos que pueden vestirse (como relojes, pulseras o anillos) y algoritmos de inteligencia artificial promete cerrar el ciclo adaptativo. Imaginemos el caso de un brazalete que monitorice la rigidez muscular matutina en pacientes con artritis y en respuesta a ello, libere antiinflamatorios un tiempo antes de que el usuario despierte: un sistema que observa decide y actúa de forma totalmente autónoma (Imagen 2).

## Desafíos y oportunidades

Sin embargo, los principales retos para materializar esta visión giran en torno a su regulación y su seguridad, pues se debe garantizar la respuesta previsible en todo tipo



de pacientes y el costo, así como también la personalización de los algoritmos a ritmos biológicos individuales.

Existe evidencia científica que sugiere la existencia de una necesidad crítica y urgente de revisar la formulación de viejos y nuevos medicamentos para enfermedades (Mandal et al., 2010). Sin embargo, se encuentran limitaciones para el cumplimiento de la demanda clínica como lo son, los avances necesarios en los biomateriales rítmicos y el diseño del sistema, los procesos de ingeniería y modelado y una orientación regulatoria. Las nanotecnologías (capacidad humana para la manipulación de la materia a una escala muy pequeña) se tornan prometedoras para la prevención y terapia de enfermedades, no obstante, existen problemas éticos relacionados a la aplicación biomédica, las pautas y regulaciones relacionadas (Youan, 2010).

Además, se requieren avances en dispositivos experimentales, software y métodos analíticos antes de poder cumplir con aplicaciones potenciales en la cronoterapia. Estos esfuerzos involucran materiales y productos

novedosos que deben tener interacciones constantes con agencias reguladoras que corroboren su eficacia y las necesidades de la población para proteger la salud pública (Youan, 2010).

## Conclusión

La cronofarmacología representa un cambio de perspectiva en el tratamiento de las enfermedades, demostrando que los medicamentos son mucho más efectivos cuando “hablan el idioma del cuerpo” y se sincronizan con los ritmos circadianos. Estudios sólidos respaldan cómo ajustar los horarios de administración (como los antihipertensivos nocturnos o la insulina cronodirigida) puede mejorar de manera significativa los resultados clínicos.

Para México, este nuevo enfoque ofrece una ventana de oportunidad única, pero también plantea retos específicos. Nuestro sistema de salud requiere soluciones accesibles que consideren la diversidad genética de la población a la que sirve y las limitaciones de infraestructura. El desarrollo de cronofármacos de bajo costo, la adaptación de guías clínicas a contextos locales y la implementación de tecnologías asequibles como parches inteligentes podrían marcar la diferencia en el manejo de enfermedades crónicas prevalentes.

Es imperativo pues, la invitación a estudiantes, investigadores y profesionales de salud a sumarse a esta revolución. Ya sea explorando cómo los genes (farmacogenómica) y el reloj biológico (ritmos circadianos)

trabajan juntos para definir cuándo y cómo actúan los medicamentos o diseñando soluciones adaptadas a nuestras necesidades, cada contribución acerca a México a una medicina personalizada. La cronofarmacología no es sólo un avance científico, es la promesa de tratamientos más humanos y efectivos, donde respetar el reloj biológico se convierte en un estándar de cuidado.

México tiene así, la oportunidad de ser el protagonista en esta revolución terapéutica. Integrar el conocimiento cronofarmacológico a la práctica clínica no es el futuro, es el presente que debemos construir.

## Referencias

- Ballesta A, Innominato PF, Dallmann R, Rand DA, Lévi FA. (2017). Systems Chronotherapeutics. *Pharmacol Rev.* 7;69(2):161-99.
- Butler CT, Rodgers AM, Curtis AM, Donnelly RF. Chrono-tailored drug delivery systems: recent advances and future directions (2024). *Drug Deliv Transl Res.*14(7):1756-75.
- Dallmann R, Brown SA, Gachon F. (2014).Chronopharmacology: New Insights and Therapeutic Implications. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*;54(1):339-61.
- Kaşkal M, Sevim M, Ülker G, Keleş C, Bebitoğlu BT. (2025). The clinical impact of chronopharmacology on current medicine. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol* [Internet]. el 10 de enero de 2025 [citado el 7 de mayo de 2025]; Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s00210-025-03788-7>
- Kim HJ, Jo SH. (2024) Nighttime administration of antihypertensive medication: a review of chronotherapy in hypertension. *Korean J Intern Med.*;39(2):205-14.
- Lu D, Wang Z, Wu B. (2022). Pharmacokinetics-based Chronotherapy. *Curr Drug Metab* ;23(1):2-7.



- Mandal AS, Biswas N, Karim KM, Guha A, Chatterjee S, Behera M. (2010). Drug delivery system based on chronobiology—A review. *J Controlled Release*;147(3):314–25.
- Nainwal N. (2012). Chronotherapeutics — A chronopharmaceutical approach to drug delivery in the treatment of asthma. *J Controlled Release*;163(3):353–60.
- Youan BBC (2024). Chronopharmaceutics: gimmick or clinically relevant approach to drug delivery? *J Controlled Release*; 98(3):337–53. .
- Youan BBC (2010). Chronopharmaceutical drug delivery systems: Hurdles, hype or hope?. *Adv Drug Deliv Rev.*;62(9–10):898–903.

## Sobre los autores/as

**QFB. Yoshio de Jesús Mena Gavia.** Estudiante del programa de Maestría en Ciencias de la Salud. Facultad de Medicina “Dr. Ignacio Chávez”. División de estudios de Posgrado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email. 1608032d@umich.mx

**D.C.E Jorge Armando Tinoco Michel.** Profesor de tiempo completo, cuya línea de trabajo es Modelación Matemática y Numérica Aplicada al área de la salud, adscrito a la Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email. jatinoco@umich.mx





# ¿Por qué los antibióticos no sirven contra los virus?

América Guadalupe Espino  
Graciela Castro Escarpulli  
Elizabeth Ortega Soto



## Resumen

Los antibióticos, descubiertos en 1928, transformaron la medicina al combatir infecciones bacterianas, pero no funcionan contra los virus, que carecen de estructuras como pared celular o ribosomas, principales blancos de estos fármacos. Enfermedades comunes como el resfriado son virales, por lo que el uso de antibióticos no solo es ineficaz, sino también perjudicial: altera la microbiota intestinal y favorece la resistencia bacteriana. Esta resistencia ocurre cuando las bacterias desarrollan mutaciones que las hacen insensibles a los tratamientos, proceso acelerado por el uso indiscriminado de antibióticos. El problema es tan grave que, de continuar la tendencia, para 2050 podrían morir 10 millones de personas por infecciones resistentes. Además, los tratamientos se vuelven más costosos y menos accesibles, aumentando la mortalidad y los costos hospitalarios. Para evitar este escenario, es vital usar antibióticos solo en infecciones bacterianas confirmadas, evitar la automedicación y promover la vacunación. La responsabilidad conjunta es clave para frenar esta amenaza global.

## Introducción

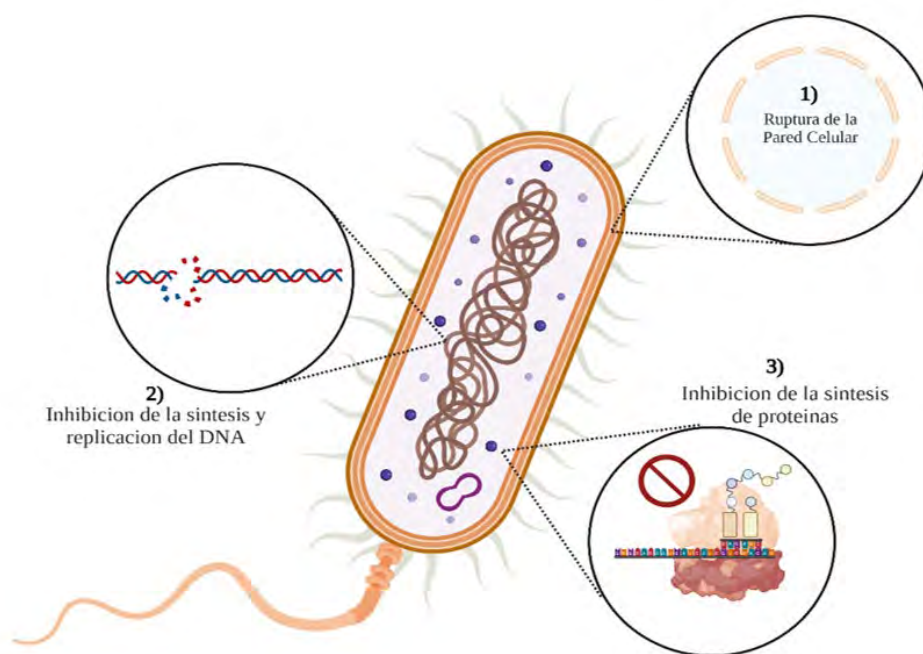
Cuántas veces nos ha pasado que vamos al médico y no nos da nada... solo paracetamol. ¡pero nos sentimos fatal! Estamos moqueando, con una tos terrible, dolor de garganta y solo nos ofrecen algo contra el dolor y recomiendan descanso y tomar mu-

chos líquidos. No, no estamos con un mal médico; la razón de que no nos receten un antibiótico que te cure la infección, se debe a que muchas de las infecciones que nos afectan frecuentemente y que causan enfermedades como el resfriado o diarrea, son causadas por virus y contra ellos los antibióticos no funcionan.

## ¿Qué son y cómo funcionan los antibióticos?

Desde su descubrimiento por Alexander Fleming por el año 1928 hasta el día de hoy, los antibióticos se han encargado de transformar la medicina moderna y se han convertido en un pilar esencial en tratamientos en un sinnúmero de enfermedades infecciosas (Cook & Wright, 2022).

Los antibióticos son moléculas que inhiben mecanismos esenciales para que las bacterias se desarrollen en nuestro cuerpo y lo colonicen. Los antibióticos pueden actuar sobre estructuras de defensa como la pared celular, o impedir la síntesis de proteínas involucradas en el metabolismo bacteriano y que son esenciales para su vida o incluso evitar la síntesis y replicación de su material genético, el DNA (figura 1). Dado que las bacterias son muy diversas, se han diseñado diversos antibióticos con diferentes mecanismos de acción para poder combatirlos, ya que en muchos casos existen antibióticos que pueden ser efectivos en contra de algunas bacterias, pero pueden no tener ningún efecto en otras.



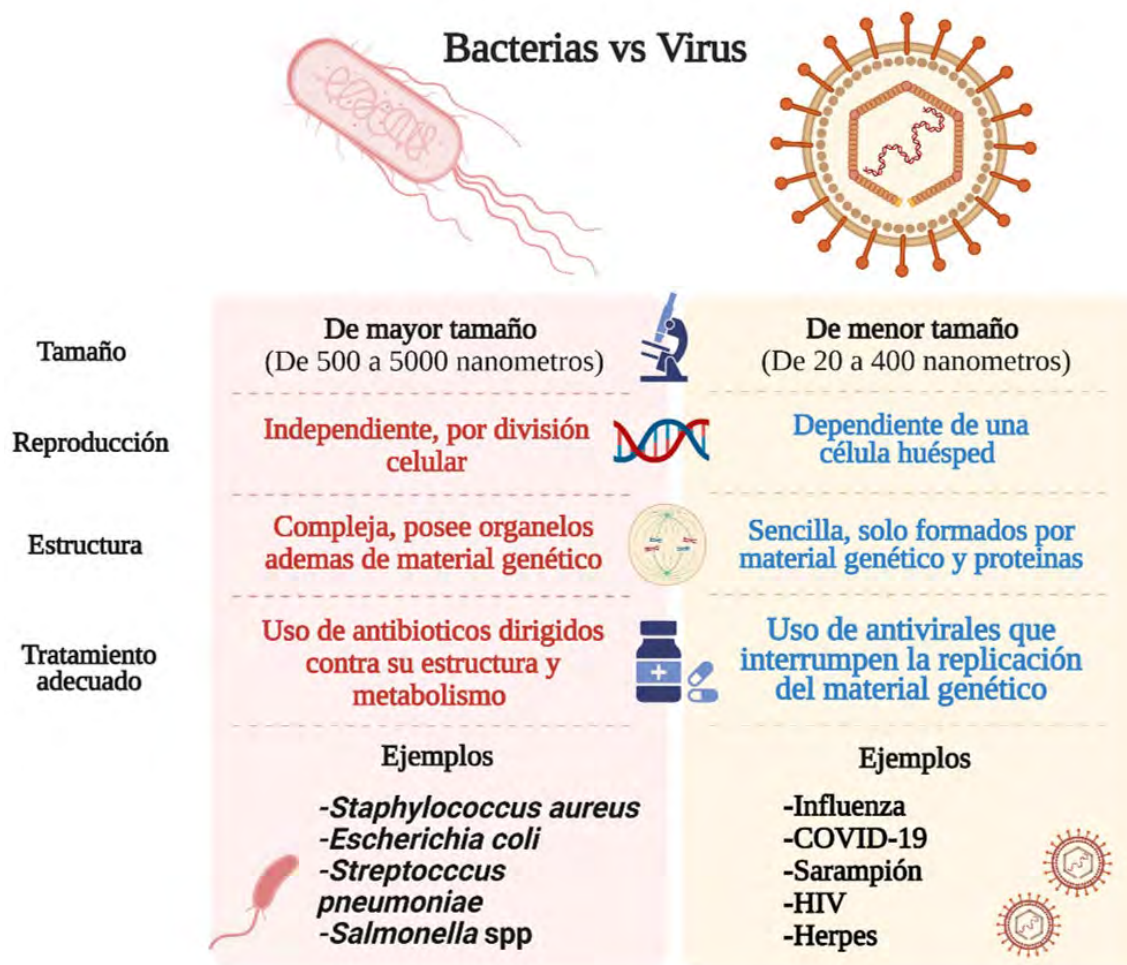
**Figura 1.** Principales mecanismos de acción de los antibióticos en bacterias. Se ejemplifican tres formas en las que los antibióticos pueden matar a las bacterias: 1) rompiendo su pared celular, 2) inhibiendo la replicación de su material genético y 3) inhibiendo la producción de sus proteínas. Imagen creada con BioRender→.

## ¿Por qué los antibióticos no sirven contra los virus?

Es importante tener claro que los virus y las bacterias son totalmente diferentes entre sí. No solo los virus son mucho más pequeños (o casi todos porque existen algunos virus “gigantes” pero ese es otro tema), sino que también poseen diferentes estructuras y se multiplican de forma diferente, mientras que las bacterias son autónomas para reproducirse, los virus necesitan entrar a una célula para que sea ella quien haga las copias del virus (figura 2). Los antibióticos interactúan con ciertas moléculas específicas de las bacterias dañándolas o bloqueándolas y hasta ahora, esas moléculas no se ha demostrado que existan en los virus.

Los virus son agentes infecciosos con una estructura muy sencilla comparada con las bacterias. Los virus están formados exclusivamente por un tipo de material genético o genoma, como DNA o RNA, que son las instrucciones para hacer más copias del virus y por una capa de proteínas, a las que se les llama cápside y tienen la función de proteger al genoma. Algunos virus pueden tener una capa extra de grasa llamada envoltura y que también le sirve al virus de protección y para reconocer a la célula que va a infectar. Esto quiere decir que carecen de muchas estructuras como la pared celular o los ribosomas propios (donde se producen las proteínas), que sí se encuentran en las bacterias y que son el blanco de muchos antivirales.





**Figura 2.** Principales diferencias entre las bacterias y los virus. Imagen creada con BioRender→.

Los virus no se pueden multiplicar solos como si lo hacen las bacterias. Ellos entran a nuestras células usando sus proteínas de la cápside o de la envoltura, reconociendo ciertas moléculas de la célula que conocemos como receptores. Los receptores funcionan como una cerradura y las proteínas del virus asemejan una llave, cuando la llave llega a la cerradura correcta, se “abre la puerta” y el virus introduce su material genético a la célula. Una vez dentro el material genético usan todos los componentes de la célula que lo hospeda con el fin de hacer más copias de sí mismo. Eventualmente la célula muere y los virus se liberan. Debido a esta forma de multiplicación, muchos antibióticos que afectan el metabolismo (que son todos los procesos de producción o degradación de moléculas en una célula) o la replicación de las bacterias, tampoco afectan a los virus. Son las células de nuestro cuerpo las que se encargan de hacer las copias del virus y ellas no son sensibles a los antibióticos; tampoco es posible desarrollar tratamientos exitosos contra los virus tratando de bloquear



el metabolismo, ya que no tienen metabolismo propio y para evitar su replicación se tendría que atacar a nuestras células causando daño también a las células sanas (Bustos-Hamdan et al., 2024)

A pesar de las dificultades, se cuenta con algunos antivirales, que son sustancias que evitan la replicación de los virus al bloquear la síntesis de su material genético o de sus proteínas, bloqueando preferentemente moléculas del virus. Estos antivirales son muy específicos contra ciertos virus, como por ejemplo el aciclovir (cicloferon) o varios antivirales contra el virus del SIDA (HIV). Pero, se sigue disponiendo de pocos antivirales y estos no son activos en el caso de enfermedades comunes, como el resfriado, aunque la propaganda menciona la existencia de antigripales con antiviral, (como la Amantadina) que funciona específicamente contra el virus de la influenza y lamentablemente en la actualidad circulan una gran cantidad de cepas de influenza resistentes a este medicamento.

El uso de antibióticos contra enfermedades virales no solo no tendrá efecto alguno sobre la infección, sino que incluso puede ser perjudicial. Un ejemplo es el daño a la microbiota intestinal, que son las bacterias buenas que viven en nuestro cuerpo y que puede conducir a enfermedades más graves que el resfriado en sí. Sin embargo, el efecto más grave del uso desmedido de los antibióticos es la generación de bacterias resistentes; un problema cada vez mayor y que puede conducir a escenarios parecidos a lo que se vivía antes de la primera Guerra Mundial, cuando no existía ningún antibiótico contra las infecciones bacterianas porque las bacterias que causan enfermedades ya no serán sensibles a las opciones de tratamiento que existen y no podremos combatirlas (figura 3).



**Figura 3.** Consecuencias más importantes del uso indiscriminado de antibióticos. Imagen creada con Bio-Render.

## **Peligro del uso inapropiado de antibióticos en infecciones virales: Resistencia Bacteriana**

La resistencia bacteriana se refiere a los cambios que pueden sufrir las bacterias que les permiten bloquear parcial o totalmente la eficacia de los antibióticos (Subramaniam & Girish, 2020). Cuando un grupo (población) de bacterias se exponen a un fármaco, si alguna posee un cambio en su material genético (mutación) que le confieren resistencia al antibiótico, esta bacteria sobrevivirá al tratamiento y seguirá propagándose, generando una población de bacterias resistentes. Este proceso ocurre de manera natural y ha sucedido desde la aparición de los primeros antibióticos; de hecho, algunos genes asociados a esta resistencia se localizaban antes de la aparición de los antibióticos; el verdadero problema aparece un par de décadas atrás, cuando el uso indiscriminado de antibióticos ha seleccionado a las bacterias resistentes, dejándonos sin las armas necesarias para hacerles frente (O'Neill, 2016). Este problema se ve aún más agravado por la facilidad con la que las bacterias pueden transmitirse entre personas en su entorno, y por la capacidad que tienen las mismas bacterias de intercambiar genes que dan resistencia, a lo que se le llama transferencia horizontal de genes. Debido a esto una bacteria puede volverse resistente a un antibiótico, recibiendo un gen de otra que ya tenga esa

resistencia (Subramaniam & Girish, 2020) lo que permite un aumento de la virulencia bacteriana que puede conducir a infecciones más graves.

## **Peligros clínicos y sanitarios de la resistencia bacteriana**

La resistencia bacteriana representa una de las amenazas más serias para la salud pública a nivel mundial. A medida que avanza, los tratamientos se vuelven ineficaces, lo que puede llevar a fallos terapéuticos y a un aumento significativo en la mortalidad por enfermedades que actualmente se pueden controlar con antibióticos. La dificultad de tratar infecciones por bacterias resistentes también da como resultado la necesidad de medicamentos más costosos, tóxicos y menos accesibles. Esto no solo compromete la recuperación de los pacientes, sino que también prolonga las hospitalizaciones, incrementa los costos del sistema de salud y limita las opciones terapéuticas disponibles.

Si se continua por el camino actual, para el año 2050, la resistencia a los antibióticos será responsable de la muerte de alrededor de 10 millones de personas (Lucien et al., 2021). Es urgente usar los antibióticos solamente cuando son necesarios, ya que entre más se usan, las bacterias desarrollan resistencia más rápido; si se logra reducir el uso de estos medicamentos, también se podría disminuir la velocidad con la que aparece y se propaga la resistencia (Giono-Cerezo et al.,

2020). Sin embargo, es más fácil decirlo que hacerlo; en muchos lugares del mundo aún no existen métodos de fácil disponibilidad que permitan diferenciar entre infecciones bacterianas e infecciones virales cuya sintomatología suele ser muy similar, como ocurre con las infecciones respiratorias, donde se estima que hasta el 60 % de los casos en niños menores de 5 años son de origen viral, lo que termina por generar prescripciones inadecuadas de agentes antimicrobianos (Sosa-Ceh et al., 2021). También, en situaciones de urgencia, se terminan por asignar tratamientos equivocados. Un ejemplo perfecto es la reciente pandemia de COVID19, causada por el virus SARS-CoV-2, infección para la que aún no se cuenta con una terapia antiviral y que, en su momento, por la presión de la situación, orilló al área clínica a optar por terapias farmacológicas que no necesariamente eran efectivas contra el virus y que incluso pueden asociarse con efectos adversos muy serios que incrementan la mortalidad (Pérez-Martínez et al., 2021).

## Conclusiones

El uso de antibióticos para tratar enfermedades virales representa un grave error con consecuencias que no solo se queda en la ineficacia del tratamiento, sino que también favorecen la aparición de bacterias cada vez más resistentes y agresivas, lo que compromete la salud individual pero también la salud pública a nivel global. Además, puede generar efectos secundarios y añade una carga económica considerable al sistema de salud.

Por lo que para evitar que se llegue al grado en el que los antibióticos dejen de funcionar, es fundamental usarlos únicamente cuando se confirme la presencia de una infección bacteriana, siguiendo siempre las indicaciones médicas. Médicos, pacientes y sociedad en general deben actuar con responsabilidad, vacunarse y evitar la automedicación lo que dará como resultado “one health”. Solo con un enfoque consciente e informado será posible frenar esta amenaza que cada día va en aumento.

## Referencias

- Bustos-Hamdan, A., Bracho-Gallardo, J. I., Hamdan-Partida, A., & Bustos-Martínez, J. (2024). Repositioning of antibiotics in the treatment of viral infections. *Current Microbiology*, 81(12). <https://doi.org/10.1007/s00284-024-03948-7>
- Cook, M. A.; G. D. Wright (2022). The past, present, and future of antibiotics. *Sci. Transl. Med.* 14, eabo7793 DOI:10.1126/scitranslmed.abo7793
- Giono-Cerezo, S., Santos-Preciado, J. I., Morfín-Otero, M. del R., Torres-López, F. J., & Alcántar-Curiel, M. D. (2020). Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla. *Gaceta Médica de México*, 156(2), 172–182. <https://doi.org/10.24875/gmm.20005624>
- Lucien, M. a. B., Canarie, M. F., Kilgore, P. E., Jean-Denis, G., Fénélon, N., Pierre, M., Cerpa, M., Joseph, G. A., Maki, G., Zervos, M. J., Dely, P., Boncy, J., Sati, H., Del Rio, A., & Ramon-Pardo, P. (2021). Antibiotics and antimicrobial resistance in the COVID-19 era: Perspective from resource-limited settings. *International Journal of Infectious Diseases*, 104, 250–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.12.087>

O'Neill, J. (2024). Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations. 19 May 2016, Government of the United Kingdom. accessed on, 24, 84.

Pérez-Martínez, C. A., Padilla-Santamaría, F., Helguera-León, S. A., Mejía-Cornejo, J. J., Casados-Rodríguez, B. E., Martínez-Abarca, C. I., Zamarrón-López, E. I., & Pérez-Nieto, O. R. (2021). Uso y abuso de antimicrobianos en COVID-19: ¿cuándo está justificado prescribir antibióticos? <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=102820>

Sosa-Ceh, G. N., Sarbelio, M. E., & Rodolfo, J. J. (2021). Evaluación del uso inapropiado de antimicrobianos en infecciones respiratorias bajas virales en el Hospital Infantil de México Federico Gómez. *Biblat*. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-de-enfermedades-infecciosas-en-pediatria/articulo/evaluacion-del-uso-inapropiado-de-antimicrobianos-en-infecciones-respiratorias-bajas-virales-en-el-hospital-infantil-de-mexico-federico-gomez>

Subramaniam, G., & Girish, M. (2020). Antibiotic resistance — a cause for reemergence of infections. *The Indian Journal of Pediatrics*, 87(11), 937–944. <https://doi.org/10.1007/s12098-019-03180-3>

## Sobre las autoras

**América Guadalupe Espino.** Posgrado de Biomedicina y Biotecnología Molecular, laboratorio de Investigación Clínica y Ambiental y laboratorio de Virología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

**Graciela Castro Escarpulli.** Laboratorio de Investigación Clínica y Ambiental. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

**Elizabeth Ortega Soto.** Laboratorio de Virología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.



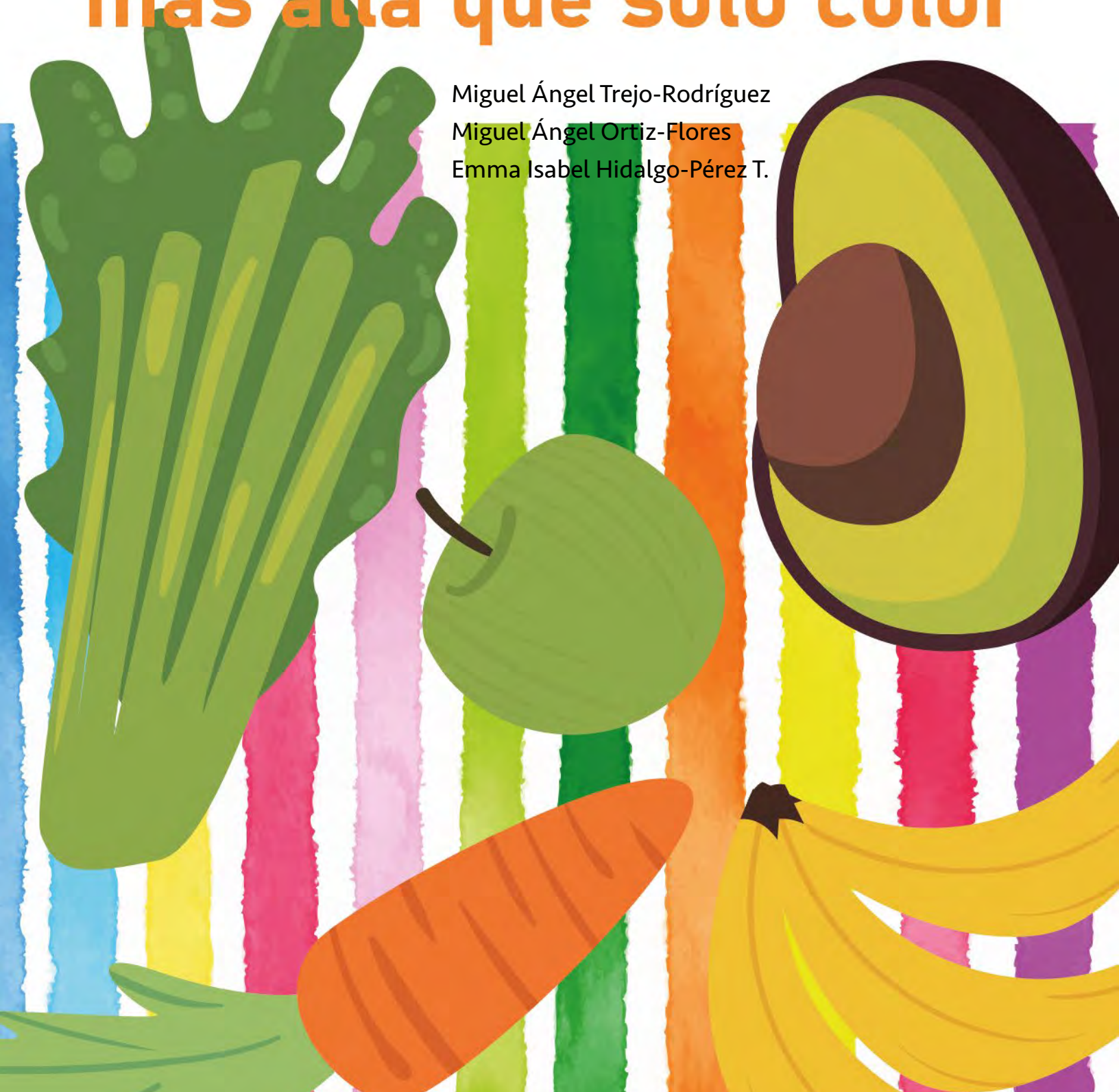


# ANTOCIANINAS: más allá que solo color

Miguel Ángel Trejo-Rodríguez

Miguel Ángel Ortiz-Flores

Emma Isabel Hidalgo-Pérez T.



## Resumen

Las antocianinas son pigmentos naturales responsables de los colores rojo, azul y morado en frutas, flores y vegetales. Estas moléculas, clasificadas como flavonoides, no solo tienen funciones estéticas en las plantas, sino también roles clave en su protección y reproducción. Se encuentran principalmente en alimentos como arándanos, uvas, cerezas y maíz morado. En el cuerpo humano, las antocianinas han demostrado tener múltiples beneficios: actúan como antioxidantes, combaten radicales libres, poseen propiedades antimicrobianas y ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares, metabólicas y neurodegenerativas. También se han relacionado con la mejora en la sensibilidad a la insulina y la protección ocular. A pesar de sus beneficios, la mayoría de los estudios se ha realizado en modelos animales, por lo que aún se requiere investigación clínica en humanos. Incorporar alimentos ricos en antocianinas a la dieta puede contribuir a la salud y bienestar general, demostrando el potencial terapéutico de estas coloridas moléculas naturales.

## ¿Qué son las antocianinas?

En el mundo natural, existe un espectáculo de colores que va más allá de lo meramente visual. Detrás de los tonos vibrantes de rosa, rojo, morado y azul que adornan frutas, flores y vegetales, se esconde un fascinante mundo de moléculas conocidas como antocianinas. El término “antocianina” de-

riva del griego “*anthos*”, que significa flor, y “*kianos*”, que significa azul. Representan el grupo más prominente de metabolitos secundarios en las plantas, clasificados dentro de la categoría de flavonoides (He et al., 2021).

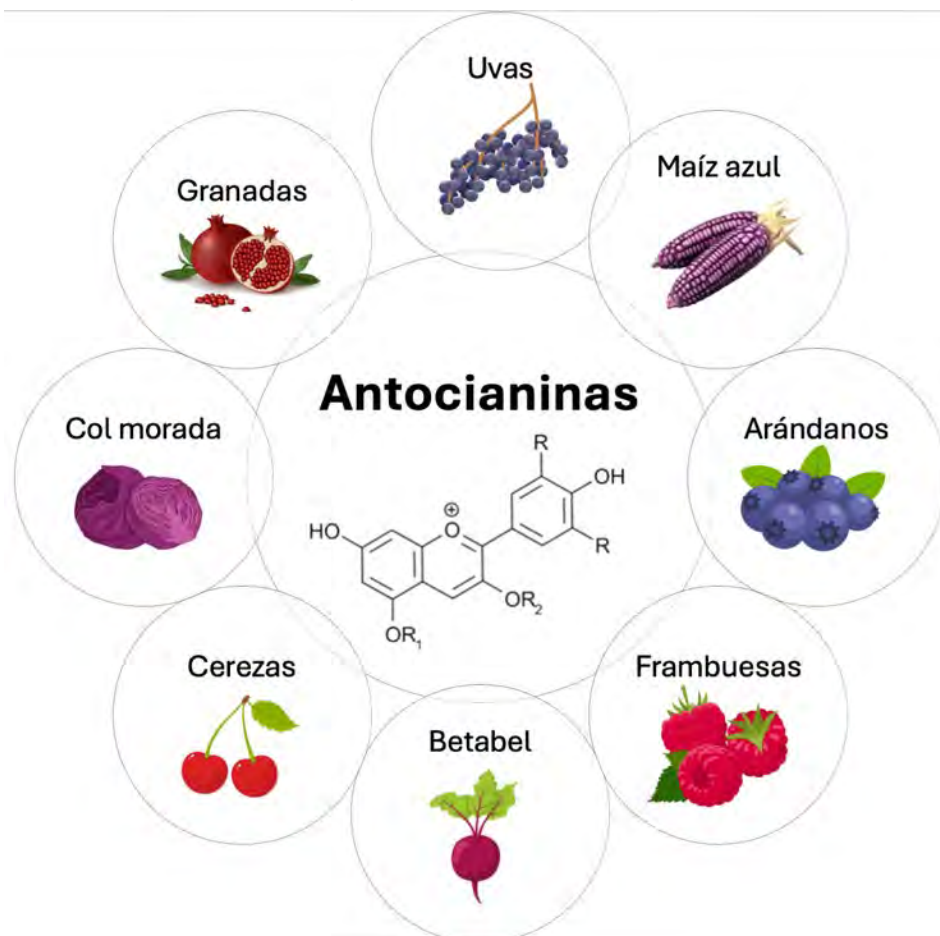
Su importancia va más allá de la estética; estas moléculas están estratégicamente distribuidas en la naturaleza, cumpliendo funciones vitales en la reproducción, la protección contra el estrés ambiental y la interacción con el entorno, así como atraer animales polinizadores (Jung et al., 2018).

Sin embargo, actualmente se tiene evidencia donde se ha revelado su influencia en la salud humana, desde su papel crucial como antioxidantes hasta su potencial farmacológico en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades (Reyes et al., 2018). En este artículo, exploraremos en detalle la composición química de las antocianinas, su distribución en los seres vivos, así como sus efectos y posibles aplicaciones en el ámbito farmacológico, sumergiéndonos en el fascinante universo de estos pigmentos y su relevancia para nuestra salud y bienestar.

## ¿Y en dónde las encontramos?

Las antocianinas son pigmentos naturales encontrados principalmente en frutas y flores de colores vivos, que incluyen desde los tonos rojos de las frambuesas, la granada y las cerezas, y las tonalidades moradas, azules y violáceas del maíz, las uvas, y los arán-

danos (como lo observamos en la Figura 1). Dentro de las células vegetales, se localizan en estructuras como vacuolas y cromoplastos, donde juegan un papel crucial en la protección contra el estrés ambiental y en la atracción de polinizadores. Además, estudios recientes han identificado antocianinas en otros organismos, como ciertas especies de hongos y bacterias, aunque todavía se está investigando su función en estos casos (Khoo et al., 2017).



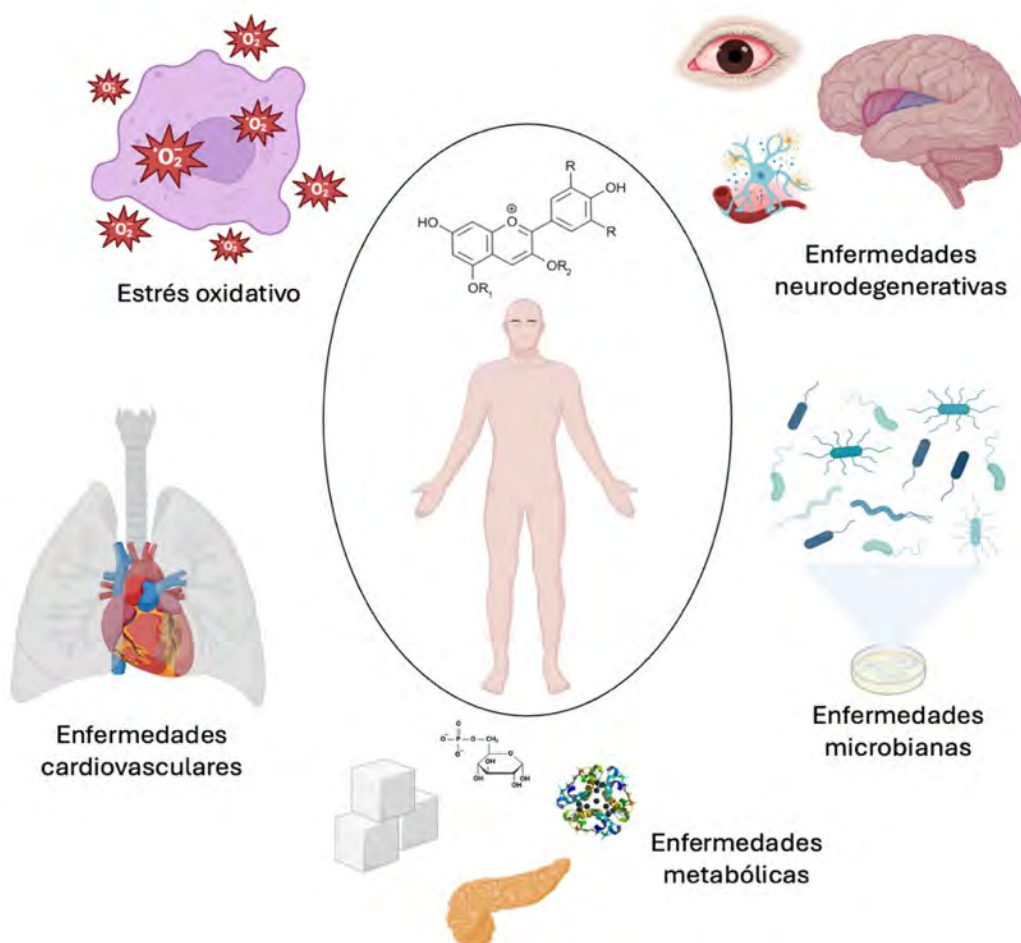
**Figura 1.** Alimentos ricos en antocianinas (Elaborado a partir de Khoo et al., 2017).

## Pero... ¿Qué beneficios tienen en la salud humana?

Las antocianinas han captado un notable interés en los campos de las ciencias biológicas debido a sus variados efectos beneficiosos para la salud. Como se observa en la Figura 2, existen publicaciones que demuestran la actividad de estas moléculas no solo como potentes antioxidantes, sino que también poseen propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y neuroprotectoras (Wallace, 2015). Estas moléculas se han convertido en prometedoras candidatas para el desarrollo de terapias complementarias en el tratamiento de diversas enfermedades crónicas (He, 2010).



Es importante destacar que la mayoría de estos estudios se han realizado en modelos animales, por lo que se necesitan más investigaciones, incluyendo ensayos clínicos controlados, para comprender mejor los efectos específicos de las antocianinas en la salud humana.



**Figura 2.** Efectos de las antocianinas en la salud humana  
(Elaborado a partir de Gonçalves et al., 2021)

## a. Actividad antioxidante

Las antocianinas desempeñan un papel crucial en la protección del organismo contra el estrés oxidativo. Estos compuestos tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres, moléculas altamente reactivas generadas durante el metabolismo, con una alta capacidad de causar daño celular y contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas (Khoo et al, 2017; He et al, 2010).



## **b. Actividad antimicrobiana**

Las antocianinas han demostrado ser excelentes agentes en la lucha contra diversos microorganismos patógenos, incluyendo bacterias, hongos y virus. Estas propiedades han colocado a las antocianinas como moléculas de interés para su uso potencial en la conservación de alimentos y como agentes terapéuticos en la prevención y tratamiento de infecciones microbianas (Reyes et al., 2018; Zaa et al, 2023).

## **c. Función cardiovascular**

El potencial impacto de las antocianinas en la salud cardíaca ha generado considerable interés. Por ejemplo, un estudio realizado por Rodríguez-Mateos y colaboradores en 2020 encontraron que la ingesta de antocianinas está asociada a una mejora en la función endotelial (monocapa que separa los tejidos de la sangre), lo que podría ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares como la hipertensión y la aterosclerosis. Otros estudios han sugerido que las antocianinas pueden tener efectos antiinflamatorios y antiaterogénicos, lo que podría ayudar a prevenir la formación de placas en las arterias y reducir el riesgo de eventos cardiovasculares (Cassidy et al., 2013; Basu et al., 2010).

## **d. Enfermedades metabólicas**

Estudios recientes indican que estos compuestos poseen efectos beneficiosos en el metabolismo y la regulación de la glucemia. Por ejemplo, investigaciones realizadas por Guo et al. (2021) encontraron que el uso de suplementos a base de antocianinas mejora la sensibilidad a la insulina y reduce los niveles altos de glucosa en sangre en modelos animales de diabetes tipo 2.

Estudios epidemiológicos en humanos también han sugerido una relación inversa entre el consumo de antocianinas y el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2. La ingesta regular de alimentos ricos en antocianinas, como bayas, cerezas y uvas moradas, se ha relacionado con una reducción del riesgo de enfermedades metabólicas. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones, incluyendo ensayos clínicos controlados, para confirmar estos efectos y entender mejor los mecanismos subyacentes.

## **e. Otras enfermedades**

Estudios sugieren que estos compuestos pueden ser beneficiosos en enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson (Chun et al., 2020), ya que pueden proteger las células nerviosas del daño oxidativo y la inflamación, dos procesos implicados en la progresión de estas enfermedades (Shah et al., 2016).

Asimismo, se ha sugerido que las antocianinas pueden tener efectos beneficiosos en la salud ocular, ayudando a prevenir enfermedades como la degeneración macular relacionada con la edad y la retinopatía diabética (Milbury et al., 2017). Estudios han demostrado que las antocianinas pueden proteger la retina del daño oxidativo y la inflamación, mejorando así la salud general de los ojos (Silván et al., 2016).

## Conclusión

Las antocianinas son un claro ejemplo de como se pueden aprovechar las moléculas que la naturaleza ofrece en beneficio del mantenimiento y cuidado de la salud humana. Es por ello que debemos incluir en nuestra vida diaria el consumo de frutas, verduras y flores llenas de color que nos permitan prevenir y coadyuvar en el tratamiento de una variedad de enfermedades como las antes descritas. Sin embargo, es necesario llevar a cabo más estudios para terminar de comprender cómo las antocianinas son capaces de modular los cambios provocados por las diferentes patologías que día a día nos aquejan.

## Referencias

- Basu, A., Rhone, M., & Lyons, T. J. (2010). Berries: emerging impact on cardiovascular health. *Nutrition reviews*, 68(3), 168–177. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00273.x>
- Cassidy, A., Mukamal, K. J., Liu, L., Franz, M., Eliassen, A. H., & Rimm, E. B. (2013). High anthocyanin intake is associated with a reduced risk of myocardial infarction in young and middle-aged women. *Circulation*, 127(2), 188–196. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.112.122408>
- Chun, O. K., Kim, D. O., & Lee, C. Y. (2003). Superoxide radical scavenging activity of the major polyphenols in fresh plums. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(27), 8067–8072. <https://doi.org/10.1021/jf034740d>
- Gonçalves, A. C., Nunes, A. R., Falcão, A., Alves, G., & Silva, L. R. (2021). Dietary Effects of Anthocyanins in Human Health: A Comprehensive Review. *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland), 14(7), 690. <https://doi.org/10.3390/ph14070690>
- Guo, H., Ling, W., Wang, Q., Liu, C., Hu, Y., Xia, M., Feng, X., & Xia, X. (2007). Effect of anthocyanin-rich extract from black rice (*Oryza sativa* L. indica) on hyperlipidemia and insulin resistance in fructose-fed rats. *Plant foods for human nutrition* (Dordrecht, Netherlands), 62(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0031-7>
- He, J., & Giusti, M. M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual review of food science and technology*, 1, 163–187. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100754>
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & nutrition research*, 61(1), 1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
- Jung, H. Y., Kim, J. E., Kim, S. J., Kim, J. E., Lee, S. G., & Kim, Y. B. (2018). Protective effect of cyanidin-3-O-glucoside on UVB-induced damage in ARPE-19 cells. *Ophthalmic research*, 60(2), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.10.006>
- Milbury, P. E., & Kalt, W. (2010). Xenobiotic metabolism and berry flavonoid transport across the blood-brain barrier. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(7), 3950–3956. <https://doi.org/10.1021/jf903529m>

- Shah, S. A., Amin, F. U., Khan, M., Abid, M. N., Rehman, S. U., Kim, T. H., Kim, M. W., & Kim, M. O. (2016). Anthocyanins abrogate glutamate-induced AMPK activation, oxidative stress, neuroinflammation, and neurodegeneration in postnatal rat brain. *Journal of neuroinflammation*, 13(1), 286. <https://doi.org/10.1186/s12974-016-0752-y>
- Silván, J. M., Reguero, M., & de Pascual-Teresa, S. (2016). A protective effect of anthocyanins and xanthophylls on UVB-induced damage in retinal pigment epithelial cells. *Food & function*, 7(2), 1067–1076. <https://doi.org/10.1039/c5fo01368b>
- Reyes A.S., Elsa C. Dufourt, Jennifer Ross, Michael J. Warner, Neil C. Tanquilut, and Albert B. Leung. 2018. "Selected Phyto and Marine Bioactive Compounds: Alternatives for the Treatment of Type 2 Diabetes." *Studies in Natural Products Chemistry* 55 (January): 111–43. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64068-0.00004-8>
- Rodriguez-Mateos, A., Ista, G., Boschek, L., Feliciano, R. P., Mills, C. E., Boby, C., Gomez-Alonso, S., Milenkovic, D., & Heiss, C. (2019). Circulating Anthocyanin Metabolites Mediate Vascular Benefits of Blueberries: Insights From Randomized Controlled Trials, Metabolomics, and Nutrigenomics. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 74(7), 967–976. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz047>
- Wallace, T. C., & Giusti, M. M. (2015). Anthocyanins. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 6(5), 620–622. <https://doi.org/10.3945/an.115.009233>
- Zaa, C., Marcelo, Á., An, Z., Medina-Franco, J., & Velasco-Velázquez, M. (2023). Anthocyanins: Molecular Aspects on Their Neuroprotective Activity. *Biomolecules*, 13(11), 1598. <https://doi.org/10.3390/biom13111598>

## Sobre los autores/as

**L.F. Miguel Ángel Trejo-Rodríguez.** Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Departamento de Ciencias Biológicas.  
Email: farma\_matr@cuautitlan.unam.mx

**Dr. Miguel Ángel Ortiz-Flores.** Laboratorio de Investigación Integral Cardiometabólica. ESM. IPN. Email: maortizf@comunidad.unam.mx

**Dra. Emma Isabel Hidalgo-Pérez Tejada.** Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Laboratorio de investigación en inmunología y salud pública. Email: hidalgo.eisabel@gmail.com





# Entre el pecho y el biberón: decisiones que alimentan

María Guadalupe Cuiniche Méndez





## Resumen

Elegir cómo alimentar a un recién nacido es una decisión fundamental. La leche materna es el alimento ideal, ya que proporciona nutrientes esenciales y defensas naturales que se adaptan a las necesidades del bebé. Contiene anticuerpos como la inmunoglobulina A, grasas saludables como el omega 3, y azúcares como la lactosa, favoreciendo el desarrollo del sistema inmune y cerebral. Además, amamantar beneficia a la madre al reducir riesgos de enfermedades y fortalecer el vínculo afectivo. Sin embargo, no todas las mujeres pueden o desean amamantar. En estos casos, las fórmulas infantiles representan una alternativa válida. Aunque no contienen defensas inmunológicas, son enriquecidas con vitaminas, minerales y ácidos grasos, y se ajustan por etapas del crecimiento. Comprender las diferencias entre ambas opciones permite tomar decisiones informadas y sin culpa, siempre pensando en el bienestar del bebé y la madre. Alimentar también es cuidar, proteger y conectar desde el primer día.

## Introducción

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define la lactancia como el periodo en el que el bebé (lactante) ingiere exclusivamente leche materna. Tanto La OMS como la UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la infancia) indican que la lactancia materna es fundamental en los primeros meses de vida. Sin embargo, a lo largo de la última década,

esta práctica de lactar ha ido disminuyendo; esta situación puede estar asociada a diversos factores como el ritmo de vida de las mujeres en la actualidad que, si bien se tienen más oportunidades de trabajo, también se cuenta con poca accesibilidad por parte del mundo laboral para seguir ejerciendo la lactancia. Esto ha provocado que en lugar de alimentar mediante leche materna se alimente mediante fórmulas lácteas, mejor conocidas como “fórmulas”. En los últimos años, la elaboración de leches infantiles ha sufrido una gran revolución, tanto tecnológica como de investigación, mejorando la calidad y digestibilidad de las fórmulas fabricadas y acercándolas cada vez más a la composición de la leche materna, con ello ha surgido la necesidad de promover la lactancia materna ya que los beneficios que se otorgan a través de este tipo de alimentación son altamente destacables a corto y largo plazo para el lactante. A continuación, se comentarán características nutrimentales de ambos tipos de leche que permitirá ampliar las perspectivas y ayudar en la toma de decisión para la alimentación del lactante.

## ¿Qué darle de comer a un recién nacido?

Pocas decisiones son tan importantes —y a veces tan difíciles— como elegir cómo alimentar a un bebé. Desde el primer llanto, el cuerpo de la madre ofrece el alimento más completo y personalizado del mundo: la leche materna. Sin embargo, los tiempos

cambian, y con ellos, las rutinas de las mujeres, las dinámicas laborales y las opciones disponibles.

Hoy en día, muchas madres enfrentan un dilema entre la lactancia materna y las fórmulas infantiles. ¿Cuál es la mejor opción? ¿Son realmente tan distintas? ¿Cómo afectan al bebé y también a la madre? En este artículo exploraremos las diferencias nutrimentales, ventajas y desafíos de ambas formas de alimentación.

## La leche materna: el superalimento natural

La leche materna **se considera** un fluido proveniente de la mama, constituida por **dos fases**. La primera se compone del 90 % de agua y otros componentes como azúcar (lactosa), proteína y otros azúcares, la segunda contiene grasas y lípidos.

En los primeros días de vida, la leche materna se llama calostro y es un líquido seroso y amarillo; a partir del día siete y hasta el día 14, se le denomina leche de transición y después de ese tiempo, se le nombra leche madura. La lactancia materna es de vital importancia para el adecuado desarrollo y crecimiento del lactante, además de que tiene funciones a largo plazo, como un **mejor desarrollo de habilidades de aprendizaje y prevención de enfermedades**.

## ¿Qué componentes tiene la leche materna?

El principal azúcar de la leche es la lactosa, cuya función es proporcionar energía al bebé. También tiene un efecto beneficioso que es facilitar la absorción de calcio. Se han encontrado menores concentraciones de lactosa en el calostro que en la leche de transición y es más abundante en la leche madura. Otra azúcar presente en la leche es la galactosa y contribuye en el desarrollo del sistema nervioso.

Las proteínas de la leche materna son la caseína, la globulina, alfa-lactoalbúmina y la lactoferrina, que, aunque tienen diferentes características, todas aportan aminoácidos esenciales en la alimentación del lactante.



Las grasas de la leche son el componente con mayor variabilidad por las diferentes etapas de lactancia. Dentro de los lípidos encontramos el ácido oleico, omega 6, omega 3, entre otros. Estos ácidos grasos son de gran relevancia porque participan en el sistema inmune, además de que son muy importantes en ciertas etapas de la vida: como en el embarazo y en el primer año de nacidos, específicamente, porque ayudan o intervienen en el desarrollo del cerebro del bebé.

La composición de la leche materna se mantiene constante a través de las diferentes etapas de la lactancia, aunque la proporción de los nutrientes cambia; esto está relacionado con factores relacionados con la madre como la edad, el estado nutricional o enfermedades que pueda padecer. Situaciones como estas, afectan de manera directa la nutrición del bebé alimentado sólo con leche materna. Es aquí cuando se hace necesario usar leche de fórmula para complementar la nutrición del bebé.

## ¿Qué pasa cuando no se puede (o no se desea) amamantar?

La realidad es que no todas las madres pueden amamantar. Ya sea por motivos de salud, trabajo o decisión personal, muchas recurren a las fórmulas infantiles. Y aquí es donde la ciencia entra en acción: durante las últimas décadas, la industria ha trabajado para crear leches en polvo que se acerquen lo más posible a la composición de la leche materna.



En el mercado existen tipos de leches que aportan ácidos grasos esenciales, proteínas, vitaminas y minerales, cuya ingesta en las cantidades adecuadas es indispensable durante los 3 primeros años de vida.

La leche de fórmula contiene una cantidad importante de proteínas, su contenido en caseína favorece la absorción intestinal de calcio, que pueden ejercer funciones especiales, tanto en el tracto gastrointestinal como en las funciones sistémicas (inmunomoduladoras, antimicrobianas, antihipertensivas o antitrombóticas).

Además, se encuentran fortificadas con vitaminas y minerales como hierro, calcio, necesarios para mantener un metabolismo adecuado y una formación **óptima**. La ingesta de fórmulas lácteas enriquecidas con hierro ha demostrado ser más efectiva que la de otros alimentos. Además, se garantiza la ingesta suficiente de zinc, yodo, folato y vitamina E esto es importante, porque la industria farmacéutica refleja un intento de imitar su riqueza nutricional, aunque no logra igua-

larla completamente. Las grasas que contienen las leches de crecimiento provienen de una mezcla de origen vegetal y animal, aportando un perfil de ácidos grasos, así como la presencia en las proporciones adecuadas de los ácidos grasos considerados fundamentales tanto en las fases tempranas del desarrollo como en la vida adulta.

La gran mayoría de las leches de fórmula están fortificadas con omega 3; en la leche se añaden en forma de aceites de pescado o de algas, la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) estableció en 2020 el omega 3 como componente obligatorio en todas las fórmulas infantiles (20-50 mg/100 kcal). Este ácido graso tiene especial relevancia en la prevención de enfermedades como obesidad, diabetes tipo 2, resistencia a la insulina, hipertensión arterial, enfermedades cerebrovasculares, entre otras.

## ¿Existen diferencias en aporte nutrimental entre la leche materna y la leche en polvo?

La alimentación en la primera etapa de vida del bebé tiene un papel fundamental en cuanto a su crecimiento, desarrollo y respuesta inmune. A continuación, se presentan las principales diferencias entre ambas formas de alimentación desde el punto de vista nutrimental.

La leche materna al ser un fluido biológico obtenido de manera directa de la madre,

su composición cubre totalmente las necesidades del bebé. Un aspecto que se debe resaltar es su aporte de vitaminas y minerales, los cuales se ajustan naturalmente, la composición cambia de manera drástica en el primer mes de vida, pero aún, así la leche materna mantiene una composición relativamente similar, con el tiempo su composición varía para adaptarse a las necesidades del bebé, esto favorece el crecimiento y desarrollo óptimo. Otro de los grandes beneficios exclusivos que aporta la leche materna es su contenido de anticuerpos (IgA) y otros factores inmunológicos que otorgan una protección inmunológica pasiva contra bacterias, virus y parásitos, lo que puede causar infecciones y enfermedades durante los primeros meses de vida.





Por otro lado, la leche en polvo es un producto elaborado por la industria farmacéutica, diseñado para imitar lo más posible la composición de la leche materna. Su contenido de azúcares puede variar de acuerdo a la marca, además de utilizar azúcares industrializados. En el caso de las proteínas, la leche de fórmula también contiene caseína, aunque en ocasiones estas se modifican para facilitar su digestión. Las grasas que incorpora provienen de fuentes vegetales como animales, y muchas fórmulas son enriquecidas con omega 3 (derivado de aceites de pescado o algas), un ácido graso clave para el desarrollo cognitivo. Respecto a las vitaminas y minerales, la leche en polvo está fortificada con hierro, calcio, zinc, yodo, vitamina E, folato; esto porque en el proceso de industrialización se pierden bastantes vitaminas y minerales.

## Beneficios también para mamá

Hasta ahora se conocen los beneficios del lactante, pero no se puede dejar de mencionar las grandes ventajas que posee la madre. Dentro de las más destacables se encuentran la disminución de riesgo de desarrollar cáncer de mama en mujeres esto porque las células son menos propensas a proliferarse ocasionando una acumulación maligna de células. En otros estudios recientes se ha comprobado su protección cardiovascular ante enfermedades del corazón como en el caso de hipertensión a largo plazo. También se ha demostrado mejora en el

bienestar psicológico de la mamá gracias a la liberación de la hormona del afecto (oxitocina), reduciéndose así los niveles de depresión postparto.

## Conclusión: decidir con información

Tanto la leche materna como las fórmulas pueden nutrir adecuadamente a un bebé, pero la leche materna sigue siendo el alimento ideal en los primeros meses de vida gracias a su aporte nutrimental adaptado a las necesidades del lactante, además de su aporte inmunológico único, que ayudará al bebé contra enfermedades e infecciones. La leche en polvo representa una alternativa, pero nunca podrá reemplazar los beneficios que ofrece la leche materna. Los beneficios de la lactancia no solo abarca al lactante, sino que también son otorgados a la madre, lo cual nos invita a seguir promoviendo la lactancia en la actualidad.

## Referencias

- Barrios-Saavedra LF. (2024). Variaciones en la composición nutrimental de la leche materna. *Revista Pediátrica. Panamá*. 53 (2): 104-109.
- Chowdhury, R., Sinha, B., Sankar, M.J., Taneja, S., Bhandari, N., Rollins, N., Bahl, R. and Martinez, J. (2015), Breastfeeding and maternal health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr*, 104: 96-113. <https://doi.org/10.1111/apa.13102>. Revisada el 30 de mayo del 2025.

Dias, C. C., & Figueiredo, B. (2015). Breastfeeding and depression: a systematic review of the literature. *Journal of Affective Disorders*, 171, 142-154.

<https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.09.022>. Revisada el 30 de mayo del 2025.

Gázquez A. y Larqué E. (2023). Nuevos ingredientes en las fórmulas infantiles. Departamento de fisiología, Universidad de Murcia - Sociedad española de nutrición. *Revista ImFarmacia*; 142-144.

Jardí-Piñana C., Aranda-Ponds N., Bedmar-Carretero C., Arija-Val V. (2015). Composición nutricional de las leches infantiles. Nivel de cumplimiento en su fabricación y adecuación a las necesidades nutricionales. *Revista Pediátrica (Barc)*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2015.03.003>. Revisada el 25 de mayo del 2025.

López BE, Cárdenas DL, Quintero-Laverde JN. (2014). Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga en la alimentación del lactante: cuantificación de éstos en algunas fórmulas lácteas para bebés de 0 a 6 meses, comercializadas en la ciudad de Medellín, 2012. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*; 32(3): 322-331.

Martínez García, R. M., Jiménez Ortega, A. I., Peral-Suárez, Á., Bermejo, L. M., & Rodríguez-Rodríguez, E. (2020). Importancia de la nutrición durante el embarazo. Impacto en la composición de la leche materna. *Nutrición hospitalaria*, 37(SPE2), 38-42.

Morón-Jiménez M., Quilpildor S., Onaga C., Vargas-Ferra E. (2019). Fórmulas infantiles: Nivel de cumplimiento del etiquetado y de la composición nutricional. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*, 1(6): 6-15.

Olivia Ballard, Ardythe L. Morrow. (2013). Human Milk Composition: Nutrients and Bioactive Factors, *Pediatric Clinics of North America*, 60 (1), 49-74.

Pinho-Gomes A-C, Morelli G, Jones A, Woodward M. (2021). Association of lactation with maternal risk of type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Diabetes Obes Metab*. 23: 1902-1916. <https://doi.org/10.1111/dom.14417>, Revisada el 30 de mayo del 2025.

## Sobre la autora

**Cuíniche Méndez María Guadalupe.** Es Licenciada en Químico Farmacobiología y estudiante de posgrado de Maestría en Ciencias de la Salud, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. E-mail: 1900220g@umich.mx



# Epigenética detrás de la obesidad:

## ¿Cómo la alimentación y el estilo de vida modifican tus genes?

Xóchitl Azzeneth Romero-Rodríguez  
Raúl Adrián Martínez-Orozco  
Jorge Luis Ayala-Lujan



## Resumen

La obesidad, es una enfermedad que se caracteriza principalmente por la acumulación excesiva o anormal de grasa corporal, sin duda uno de los rasgos más característicos es el incremento notorio en el aumento de grasa en la región abdominal. Actualmente la obesidad se considera un problema de salud de importancia global por su alta prevalencia, pues a nivel mundial la prevalencia de dicha condición en adultos se ha duplicado y cuadruplicado en adolescentes desde 1990 a la fecha, se estima que alrededor de 1000 millones de personas en el mundo son obesas, es decir, una de cada ocho personas. Antes, se consideraba que la obesidad solo se asociaba con los hábitos alimentarios, el sedentarismo y la presencia de estrés crónico, sin embargo, las investigaciones recientes muestran que los genes son también importantes, de tal suerte que la obesidad ocurre por una interacción compleja entre genes y medio ambiente, al estudio de esta interacción se le conoce como epigenética, uno de los mecanismos epigenéticos más estudiados y asociados con la obesidad, son las metilaciones del ADN. Por lo cual, resulta importante conocer cómo las metilaciones del ADN modifican la expresión génica a tal grado de predisponer al desarrollo de obesidad, así como, destacar la importancia de tener una correcta alimentación y hábitos saludables para prevenir o revertir dichas modificaciones epigenéticas.

## Introducción

La obesidad se caracteriza principalmente por la acumulación excesiva o anormal de grasa corporal, sin duda uno de los rasgos más característicos es el incremento notorio en la región abdominal. En un inicio, se consideraba que la obesidad solo se asociaba con los efectos del medio ambiente donde se desarrollan los individuos, es decir, los hábitos de alimentación (alta ingesta calórica), el sedentarismo, el estrés, entre otros; sin embargo, las investigaciones recientes muestran que los genes son también importantes, de tal suerte que la obesidad ocurre por una interacción compleja entre genes y medio ambiente (Mahmoud, 2022), El estudio de la interacción entre los genes y el ambiente se conoce como epigenética, término que se introdujo en la década de los cincuenta, y que en la actualidad se encarga de estudiar los cambios en la expresión de genes provocados por el ambiente, sin involucrar modificaciones en la secuencia de nucleótidos en el ADN. Hay varios mecanismos epigenéticos, sin embargo, el que más se ha asociado a obesidad es la metilación del ADN (Izquierdo et al. 2019), por ello, en este artículo nos centraremos en contestar las siguientes preguntas: ¿Qué es una metilación?, ¿Cómo afectan las metilaciones la expresión de los genes?, ¿Por qué la metilación del ADN se ha asociado con obesidad? ¿Cómo afectan la alimentación y el estilo de vida los niveles de metilación del ADN? y ¿Las metilaciones son reversibles?



## Desarrollo

La obesidad es un problema de salud de importancia global, pues en épocas recientes ha mostrado incrementos en su incidencia muy drásticos, ya que a nivel mundial la prevalencia de dicha condición en adultos se ha duplicado en adolescentes desde 1990 a la fecha. Actualmente se considera que alrededor de 1000 millones de personas en el mundo son obesas, es decir, una de cada ocho personas. Y las proyecciones a futuro en la prevalencia de esta enfermedad son muy desalentadoras, incluso se estima que a nivel mundial para el 2030 el 58% de los adultos serán obesos. Por su parte, en México actualmente ocupamos el segundo lugar de obesidad en adultos y el primero en niños a nivel mundial, por lo que debemos entender y atender de manera urgente este problema. Resulta importante resaltar que su aparición no distingue sexo, etnia o nivel socioeconómico, por lo que cualquier persona puede padecerla, además, que su presencia se asocia con el desarrollo de otras enfermedades como hipertensión arterial y/o diabetes mellitus tipo 2 (DM2), por tanto, la obesidad afecta de manera importante la calidad de vida de quienes la padecen (OMS, 2024).

## Modificación de genes y obesidad

Los genes pueden modificarse de diversas formas, la más conocida es sin duda, el cambio en las secuencias de las bases ni-

trogenadas presentes en estos, que son conocidos comúnmente como mutaciones y suelen relacionarse con efectos dañinos tanto en los genes como en los individuos que las presentan. Sin embargo, existen otras alteraciones que, a pesar de no modificar las secuencias, tienen también un impacto profundo en los genes y son conocidas en conjunto como cambios epigenéticos. La metilación del ADN, como se mencionó anteriormente es el cambio epigenético más estudiado y es el proceso mediante el cual se adicionan grupos metilo ( $\text{CH}_3$ ) a las bases nitrogenadas que componen la secuencia del ADN, sobre todo a las citosinas, lo que resulta finalmente en cambios en la expresión de los genes. De manera general, el incremento en la metilación de los genes (hipermetilación) disminuye la expresión génica, es decir que los genes se “apagan”, mientras que el decremento en la metilación (hipometilación) aumenta la tasa de expresión, es decir los genes se “prende” (Parra et al., 2019). Estas modificaciones epigenéticas son promovidas de manera importante por el ambiente y cuando un individuo las adquiere, es posible que estos cambios los herede a sus hijos. Por esto, desde hace más de una década se han realizado estudios para conocer cómo los cambios epigenéticos se asocian con las diversas enfermedades metabólicas, incluida la obesidad, debido a que los individuos con obesidad presentan mayores niveles de metilación en diversos genes al compararlos con personas sin obesidad (Ling et al., 2019).

## ¿Qué genes se alteran por la metilación en personas con obesidad?

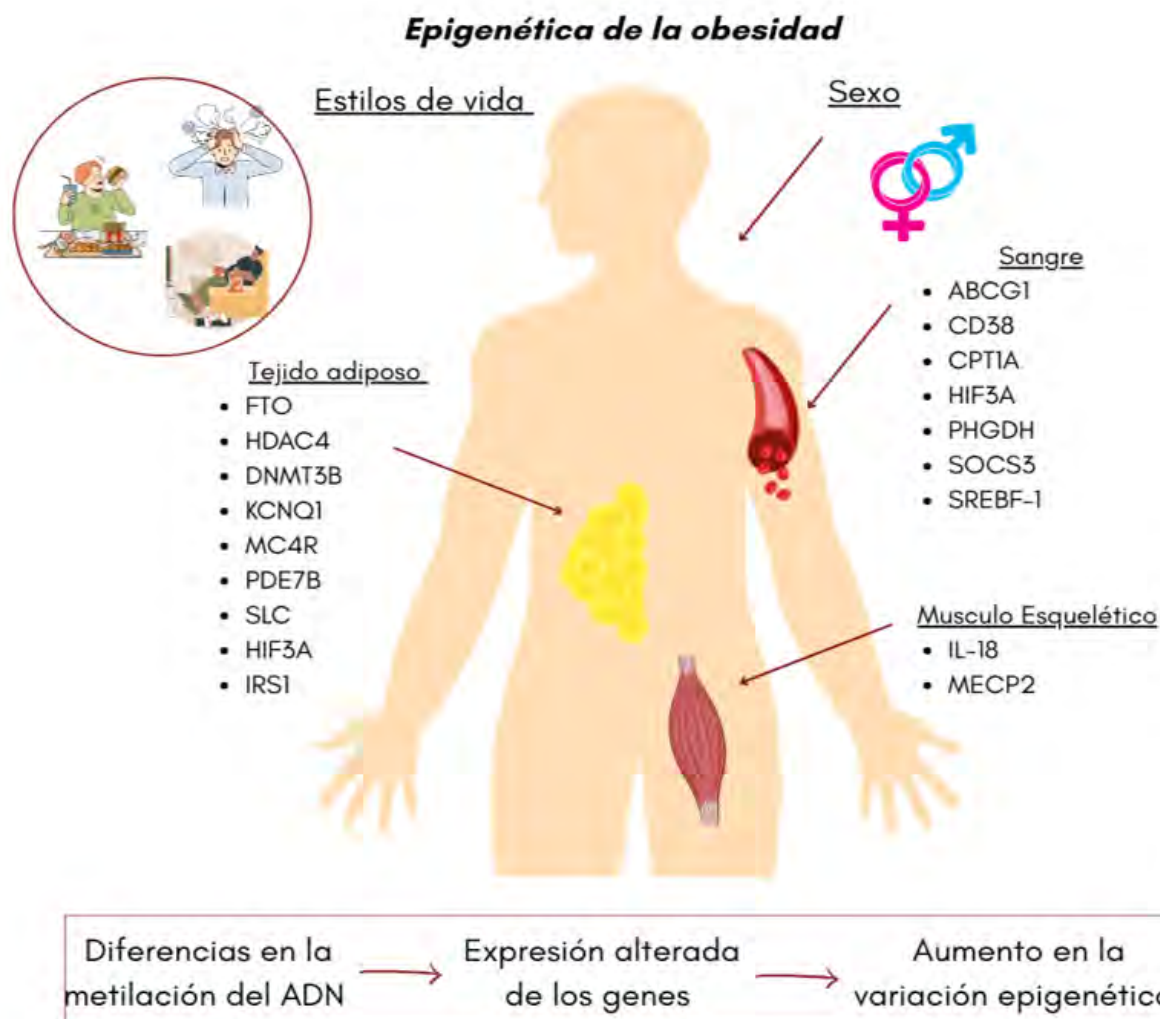
Existen diversos genes donde se han encontrado alteraciones en la metilación y entre estos se encuentran varios que regulan el metabolismo como lo son, el gen LEP, PGC1 $\alpha$  y FTO. El gen LEP, secreta a la leptina, que es una hormona encargada de regular el metabolismo y el peso corporal, porque se relaciona con la capacidad de experimentar saciedad; por ende, cuando la cantidad de leptina en el cuerpo es baja, se presenta un apetito voraz, acompañado de un exceso en la ingesta de alimentos, lo que ocurre por el “apagado” del gen a causa de la hipermetilación, evento que ha sido observado en personas obesas. Por su parte, el apagado del gen PGC1 $\alpha$  también asociado a la hipermetilación se ha relacionado con incrementos en el índice de masa corporal (IMC) y el riesgo de desarrollar obesidad, debido a que este gen regula el metabolismo de la glucosa y los lípidos para obtener energía a partir de estos (Mahmoud, 2022).

Así mismo, el gen FTO que codifican para una enzima desmetilasa (que elimina grupos metilo), se asocia con la modificación de la expresión de la grelina, conocida como la “hormona del hambre”. Los individuos con niveles elevados de grelina, se caracterizan por presentar un apetito aumentado, lo cual los predispone a la ganancia de peso y de grasa corporal. Además, estos individuos presentan niveles elevados de colesterol y triglicéridos en sangre, lo que aumenta de manera sustancial el riesgo de de-

sarrollar obesidad y dislipidemias. También se han observado hipermetilaciones en los genes encargados de sintetizar los receptores de insulina, que es la hormona encargada de internalizar la glucosa a la célula para obtener energía. La ausencia o alteración de los receptores de insulina no permiten el ingreso de glucosa a las células, por lo cual se acumula en sangre, aumentando el riesgo de desarrollar DM2 (Czogata, 2021; Pinhel et al., 2020). Estos son solo algunos ejemplos de genes asociados con obesidad, sin embargo, no son los únicos, puesto que se han identificado alrededor de 18 genes hipermetilados, tanto en niños como en adultos, que están asociados con una mayor predisposición al desarrollo de la obesidad (Figura 1).

## ¿Tu estilo de vida está modificando el ADN?

En años recientes se han realizado diversos estudios que se centran en investigar las consecuencias epigenéticas generadas por el estilo de vida actual y se ha encontrado que llevar una dieta inadecuada, alta en calorías y grasas saturadas, así como, baja en nutrientes (vitaminas y minerales) por tan solo 5 días, se asocia con cambios en la metilación de genes que regulan el metabolismo energético, como los mencionados anteriormente, generando una menor funcionalidad de los adipocitos (células encargadas de almacenar energía en forma de grasa), menor sensibilidad a la insulina, mayor acumulación de grasa abdominal y mayor riesgo a desarrollar obesidad, DM2 y enfermedades cardíacas (Mahmoud, 2022).



**Figura 1.** Metilación diferencial del ADN asociados a obesidad  
(Adaptada de Ling et al., 2019)

Además, se ha observado que el exceso en el consumo de carbohidratos puede modificar la metilación del gen DA que codifica para la dopamina, un neurotransmisor clave en la sensación de placer al comer, la alteración de este gen en los individuos genera conductas alimentarias alteradas que los predisponen al aumento de peso. Esta alteración epigenética se ha observado desde etapas tempranas de la vida, al ser heredadas por los padres (Izquierdo et al., 2019).

Estudios realizados en mujeres embarazadas, mostraron que tanto la dieta ingerida como el ejercicio realizado durante la etapa gestacional pueden incrementar el riesgo de obesidad en los hijos pues el alto consumo de calorías, grasas y carbohidratos simples, así como el exceso de estrés durante el embarazo genera hipermetilación en genes como el de leptina (LEP) y el POMC, otro gen involucrado en la regulación del apetito (Candler et al., 2019).

## ¿Se pueden revertir los daños que generan las metilaciones del ADN?

Hasta este punto, ya sabemos que la alimentación promueve modificaciones epigenéticas asociadas con obesidad, a partir de lo cual podríamos preguntarnos, ¿una alimentación adecuada, podría revertir el nivel de metilación del ADN y mejorar la expresión génica?

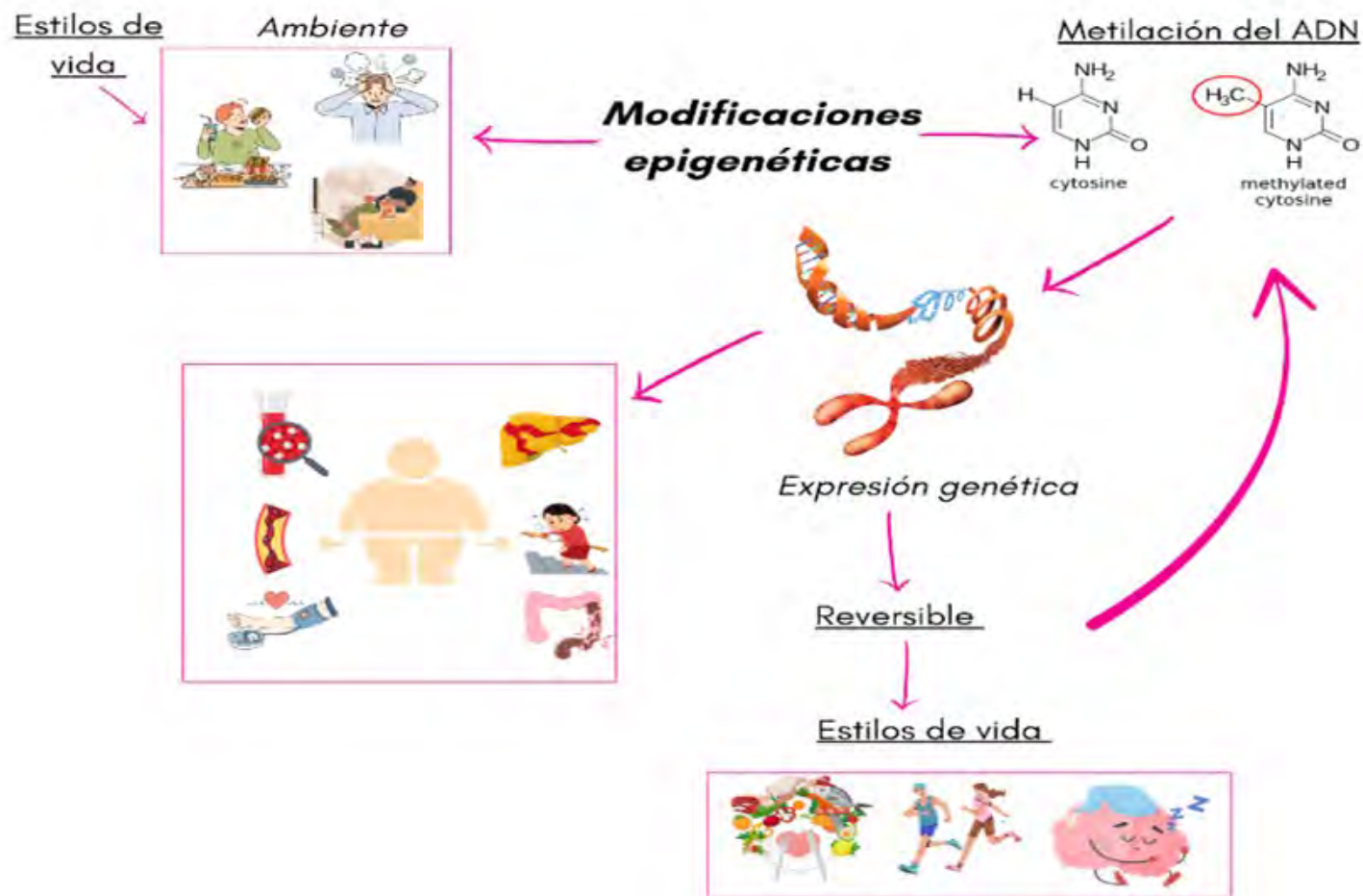
Para responder, es necesario analizar los resultados reportados en modelos animales, ya que los reportes en humanos son limitados, en ratones se observó que al cambiar la cantidad ingerida de grasas y carbohidratos se mejora la expresión del gen CPT1, el cual participa en la obtención de energía a partir de las grasas, generando así, una mejor utilización de estas y promoviendo una menor ganancia de peso, también, en ratones obesos sometidos a dietas enfocadas en la pérdida de peso, se registraron mejoras en la metilación del gen de la leptina. Estos resultados, sugieren que la alimentación y el estilo de vida pueden revertir algunos cambios epigenéticos, lo cual abre la posibilidad del diseño de terapias correctivas basadas en la nutrición (Cremades et al., 2024; Mahmoud, 2022).

En humanos también se han observado resultados similares. Las dietas ricas en frutas, verduras, granos integrales, nueces,

y bajas en grasas saturadas, azúcares y alcohol, se asocia con un peso saludable, que en conjunto con ejercicio regular sostenido puede revertir la metilación de genes como LEP Y FTO, lo que se asocia con una menor ganancia de peso corporal. Incluso, cuando se comparan los efectos en la metilación del ADN tras la pérdida de peso por dieta o cirugía, los cambios epigenéticos son más favorables en quienes modifican su alimentación y estilo de vida (Izquierdo et al., 2022; García et al., 2024).

Además de los genes ya mencionados, se ha descrito que el ejercicio puede reducir la metilación del gen PGC1 $\alpha$ , aumentando el gasto energético y promoviendo la pérdida de peso. En sujetos que se sometieron a entrenamiento físico durante 6 meses, se reportaron cambios en la metilación de al menos 63 genes, relacionados con obesidad, resistencia a la insulina y DM2, en particular, el ejercicio aeróbico, mejora el uso de glucosa y grasas a nivel celular, regulando el metabolismo. Sin embargo, no solo la alimentación y el ejercicio influyen en nuestro metabolismo, el correcto descanso también es clave. La falta de sueño puede alterar genes que regulan el ritmo circadiano, como OCK, BMAL1, Cry1 y Per1-3, lo que aumenta el riesgo de obesidad y otras enfermedades metabólicas. Incluso una sola noche sin dormir puede cambiar la metilación del ADN, afectar la forma en que el cuerpo usa las grasas, la insulina y la reparación celular (Figura 2) (Cortese et al., 2021).





**Figura 2:** Modificaciones epigenéticas asociadas al estilo de vida.

Nota: Elaboración propia.

## Conclusión

Nuestros hábitos de alimentación, actividad física y descanso influyen significativamente en los niveles de metilación del ADN, afectando con ello su expresión génica. Esta relación se ha evidenciado por el aumento en las tasas de obesidad y de enfermedades metabólicas asociadas, dado que los cambios epigenéticos pueden heredarse y predisponer a las siguientes generaciones a desarrollar trastornos metabólicos. Sin duda, esta situación ha contribuido, en gran parte, a que la obesidad sea en la actualidad un problema de salud pública a nivel mundial. Sin embargo, resulta importante recalcar que diversas investigaciones sugieren que los cambios epigenéticos son potencialmente reversibles. Por lo tanto, adoptar y mantener un estilo de vida saludable basado en una alimentación equilibrada y rica en nutrientes, así como ejercicio o actividad física de manera regular y un correcto descanso, puede favorecer los patrones de metilación del ADN y mejorar la expresión génica, por lo que requerimos adoptar nuevos estilos de vida.

## Referencias

- Candler, T., Mahmood, S., Smith, N. S., Puttick, C., & Ozanne, S. E. (2019). Epigenetic regulation of POMC: Implications for nutritional programming, obesity, and metabolic disease. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 54, 100773. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2019.100773>
- Cremades, M., Talavera-Urquijo, E., Beisani, M., et al. (2024). Transcriptional and epigenetic changes after dietary and surgical weight loss interventions in an animal model of obesity. *International Journal of Obesity*, 48, 103–110. <https://doi.org/10.1038/s41366-023-01395-1>
- Cortese, R. (2021). Epigenetics of sleep disorders: An emerging field in diagnosis and therapeutics. *Diagnostics*, 11(5), 851. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11050851>
- Czogala, W., Czogala, M., Strojny, W., et al. (2021). Methylation and expression of FTO and PLAG1 genes in childhood obesity: Insight into anthropometric parameters and glucose-lipid metabolism. *Nutrients*, 13(5), 1652. <https://doi.org/10.3390/nu13051652>
- García-García, I., Grisotto, G., Heini, A., Gibertoni, S., Nusslé, S., Gonseth Nusslé, S., & Donica, O. (2024). Examining nutrition strategies to influence DNA methylation and epigenetic clocks: A systematic review of clinical trials. *Frontiers in Aging*, 5, 1417625. <https://doi.org/10.3389/fra-gi.2024.1417625>
- Izquierdo, A. G., & Crujeiras, A. B. (2019). Epigenetic biomarkers in metabolic syndrome and obesity. En S. Sharma (Ed.), *Translational Epigenetics: Prognostic Epigenetics* (Vol. 15, pp. 269–287). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814259-2.00011-X>
- Ling, C., Rönn, T., & Nilsson, E. (2019). Epigenetics in human obesity and type 2 diabetes. *Cell Metabolism*, 29(5), 1028–1044. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2019.03.009>
- Mahmoud, R., Kimonis, V., & Butler, M. G. (2022). Genetics of obesity in humans: A clinical review. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19), 11005. <https://doi.org/10.3390/ijms231911005>
- Parra, C., Prado, G., Cerda, D., et al. (2019). Obesidad parental y modificaciones epigenéticas en la descendencia. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(6). <https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000600792>
- Pinhel, M. A. S., Noronha, N. Y., Nicoletti, C. F., et al. (2020). Changes in DNA methylation and gene expression of insulin and obesity-related gene PIK3R1 after Roux-en-Y gastric bypass. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 4476. <https://doi.org/10.3390/ijms21124476>
- Organización Mundial de la Salud. (2024). Obesidad. [https://www.who.int/health-topics/obesity#-tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/obesity#-tab=tab_1)

## Sobre los autores/as

**Xóchitl Azeneth Romero Rodríguez** egresada de la Licenciatura en Nutrición de la Universidad Autónoma de Zacatecas, actualmente estudiante de tiempo completo en la Maestría en Ciencias Biomédicas del Área de Ciencias de la Salud en la Universidad Autónoma de Zacatecas, soy estudiante en el laboratorio de Patología y Diagnóstico Molecular de la misma universidad, la línea de investigación de mi tesis de maestría es polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) en los genes de IL-6 y FTO asociados a obesidad y diabetes mellitus tipo 2. Email: azzeneethh@hotmail.com

**Raúl Adrián Martínez Orozco**, Químico Farmacéutico Biólogo por la Universidad Autónoma de Zacatecas, México y Maestro y Doctor en Ciencias con especialidad en Biología Celular por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN) de México. Actualmente es docente de pre y posgrado de las asignaturas de Biología Molecular y Genética en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Colabora con el laboratorio de Patología y Diagnóstico Molecular de la misma universidad y realiza estudios sobre la relación de los ácidos grasos y proteínas Argonauta con el desarrollo de cáncer de mama. Email: rmar@uaz.edu.mx.

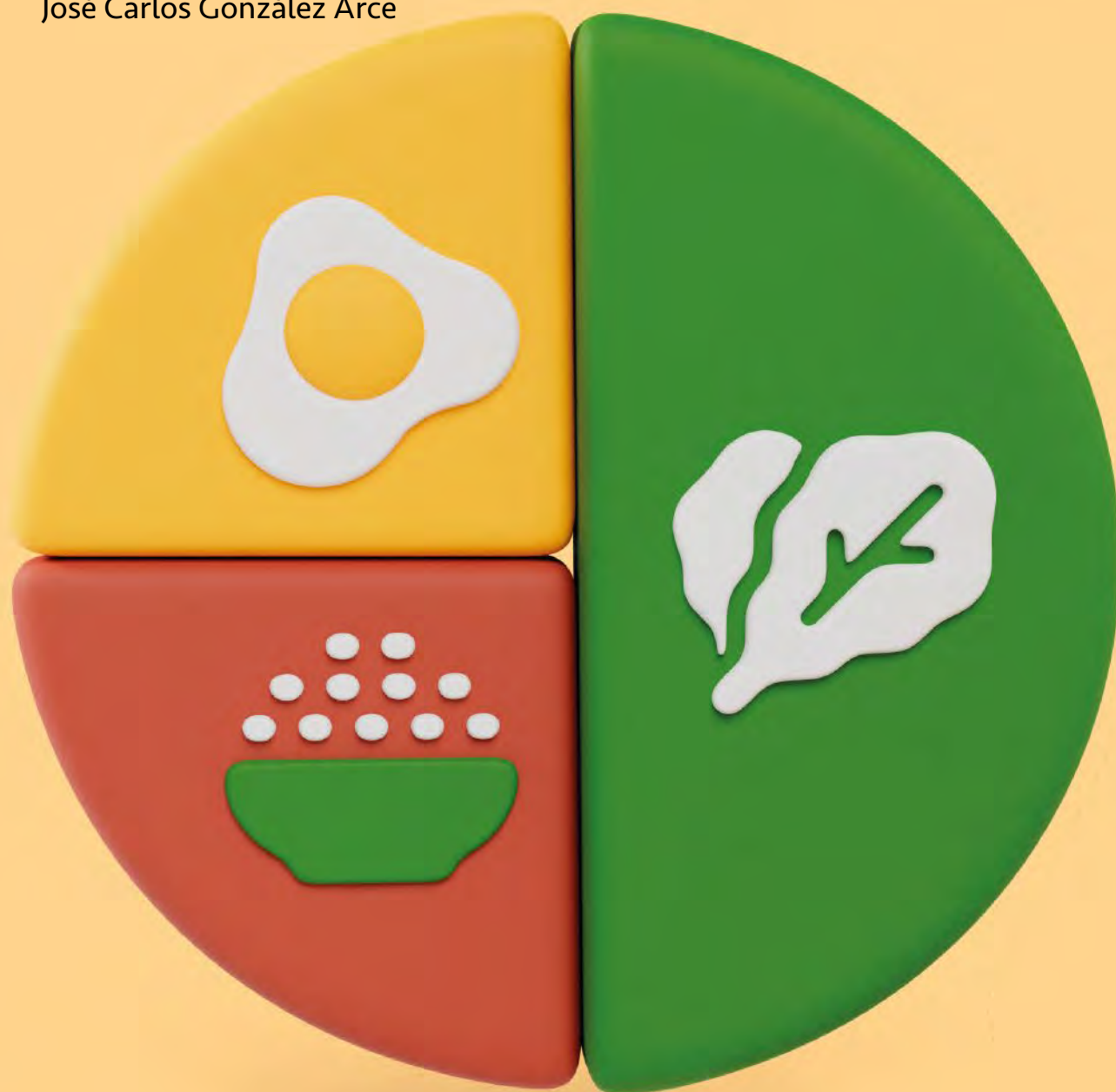
**Jorge Luis Ayala Lujan**. Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas. Línea de Especialización Académica: Maestría en Genética y Biología Molecular, Doctorado en Biomedicina Molecular. Profesor de la Licenciaturas de QFB y Biotecnología, de la Maestría en Ciencias Biomédicas y de la Maestría en Ciencia y Tecnología Química de la Unidad Académica, responsable del Laboratorio de Patología y Diagnóstico Molecular de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Línea de Investigación, Biomarcadores moleculares del Cáncer y enfermedades infecciosas. Email: lpdmuaz@gmail.com

# Lo que comemos también nos puede sanar:

## Tradición, Ciencia y Tecnología

Neidy Melina Kuyoc Arroyo

José Carlos González Arce



## Resumen

¿Sabías que lo que comes diariamente puede actuar como medicina natural? Existen cada vez más estudios que revelan que ciertos alimentos no solo aportan nutrientes, sino que también pueden tener efectos benéficos sobre la salud. Estos son llamados alimentos funcionales.

Hoy en día, la ciencia moderna no solo respalda muchas de estas prácticas tradicionales, sino que también impulsa su valorización e incorporación en el desarrollo de productos alimentarios innovadores. De esta forma, los alimentos funcionales representan un puente entre la nutrición, la cultura y la salud pública, con implicaciones que abarcan desde lo individual hasta lo colectivo, y desde lo científico hasta lo social (Shimizu, 2023).

## ¿Qué son los alimentos funcionales?

El concepto de los alimentos funcionales se originó en Japón en la década de 1980 cuando el gobierno japonés comenzó a financiar investigaciones enfocadas en la capacidad de influenciar funciones fisiológicas con ciertos alimentos. Actualmente, no hay una definición establecida de alimentos funcionales, aunque muchos autores coinciden en que son alimentos que proveen beneficios a la salud más allá de sus nutrientes.

Una definición más profunda propone que los alimentos funcionales son aquellos que además de su valor nutricional contienen fibra dietética, fitoquímicos o probióticos que, en concentraciones seguras, suficientes y en un tiempo determinado han demostrado con evidencia científica ser útiles en la prevención o tratamiento de algunos padecimientos (Temple, 2022)

## Uso de alimentos funcionales en la cultura

Desde tiempos ancestrales, diversas culturas alrededor del mundo han integrado en su dieta cotidiana ingredientes que poseen propiedades medicinales, basándose en el conocimiento empírico y la observación (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2021).

Un ejemplo de ello es el uso del **jengibre** (*Zingiber officinale*) en la medicina tradicional china para aliviar el vómito, dolor y síntomas de resfriado. Se sabe que hoy en día se han identificado componentes importantes al funcionar como moléculas con actividad biológica, entre ellos se incluyen el hierro, magnesio, calcio, vitamina C, flavonoides, ácidos fenólicos, sesquiterpenos y paradoles, los cuales han mostrado tener propiedades antiinflamatorias, evitan la muerte celular (anti apoptótica), también son antitumorales, evitan la acumulación de las plaquetas y la formación de coágulos (actividad antiplaquetaria y anticoagulante), evitan que los niveles de glucosa incrementen en sangre



(anti hiperglucémicos), son antioxidantes, antidiabéticos y analgésicos, por mencionar algunas de sus actividades ya que existen muchas otras, es debido a esto que se han utilizado ampliamente en el tratamiento de la artritis, calambres, esguinces, dolor de garganta, reumatismo, dolores musculares, vómitos, estreñimiento, indigestión, hipertensión, demencia, fiebre y enfermedades infecciosas (Shahrajabian et al, 2019).

Otro ingrediente que ha sido bien caracterizado es la **cúrcuma** (*Curcuma longa*) utilizado ampliamente en el sistema medicinal tradicional ayurvédico indio, que además se utiliza como una especia en el curri y en la mostaza, donde da el característico color y sabor. Las moléculas con actividad biológica que se han identificado en esta planta son los curcuminoides, que han demostrado ser antiinflamatorios, antibacteriales, antivirales, antifúngicos, antiparasitarios, antidiabéticos, radioprotectores, antioxidantes, antiespasmódicos, además de disminuir los lípidos en sangre y también se han utilizado en la enfermedad de Alzheimer (Nelson et al., 2017).

La **chía** (*Salvia hispánica*) y el **amaranto** (*Amaranthus spp.*) en las civilizaciones maya, mexica e inca se utilizaban para tratar síntomas principalmente provenientes de infecciones (Figura 1). En el caso de la chía, para la fiebre y el dolor de garganta, se aplicaba de forma tópica para heridas por sus propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes. En cuanto al amaranto, se utilizaban las hojas y semillas para tratar problemas gastrointestinales, inflamación, y sangrados (Uriarte et al., 2021).



**Figura 1.** Alimentos funcionales utilizados tradicionalmente alrededor del mundo.

Debido a la amplia variedad de beneficios que han demostrado tener para la salud, los alimentos funcionales se han clasificado en diversas categorías para poder estudiar sus efectos en la prevención y tratamiento de las enfermedades, además de que de esta manera su regulación en el mercado tiene un mejor seguimiento (Ahmad et al., 2023).

## Clasificación de los alimentos funcionales

Los alimentos funcionales pueden clasificarse en tres grandes categorías según su estado y origen. Primero, los alimentos convencionales o tradicionales, que no han sido modificados y se consumen en su forma natural, como frutas, verduras, legumbres, cereales enteros, pescado o lácteos. Estos alimentos contienen naturalmente compuestos bioactivos como fibra, polifenoles y ácidos grasos como el omega 3, en conjunto ofrecen beneficios sobre la salud más allá del aporte nutricional básico (Ahmad et al., 2023).

En segundo lugar, están los alimentos modificados, que son sometidos a procesos de enriquecimiento o fortificación durante su producción. Aquí encontramos productos con nutrientes añadidos o restaurados, por ejemplo, cereales, bebidas y lácteos fortificados con vitaminas, minerales, fibra, esteroides vegetales u omega 3. También se incluyen alimentos provenientes de biofortificación (inicialmente a través de mejoramiento genético o prácticas agrícolas), diseñados para incrementar su contenido de elementos

como hierro, folato o vitamina A (Huey et al., 2022).

Finalmente, existe una categoría que se compone de ingredientes funcionales específicos, como los **prebióticos** (inulina, fructooligosacáridos), los **probióticos** (bacterias vivas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*) y otros **bioactivos** (polifenoles, péptidos, esteroides vegetales, entre otros). Estos se pueden encontrar tanto en su estado natural, como añadidos a productos especializados en la regulación del microbiota intestinal, la modulación del sistema inmune o la salud cardiovascular (Damían et al., 2022).

En este sentido, clasificar a estos alimentos no solo facilita su estudio, sino que también permite conocer como estos pueden ayudar en la prevención y el tratamiento de enfermedades (Damían et al., 2022).

## Aplicaciones en prevención y tratamiento de enfermedades

Los alimentos funcionales han demostrado tener un papel importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Por ejemplo, el consumo regular de omega 3 (presente en pescado y semillas como la chía y la linaza) disminuye el colesterol, lipoproteínas de baja densidad (LDL) y triglicéridos, además de reducir la inflamación (proceso involucrado en las enfermedades como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, entre muchas otras) ¿Sabías que existen estudios que han demostrado que una dieta

mediterránea enriquecida con nueces o aceite de oliva extra virgen reduce significativamente la incidencia de eventos cardiovasculares? (Estruch et al., 2018).

Asimismo, los alimentos funcionales tienen un rol clave en el control del síndrome metabólico y la diabetes mellitus tipo 2 (DMT2). Ingredientes como la fibra soluble y los prebióticos presentes en avena, legumbres y cebada ayudan a regular los niveles de glucosa en sangre, mejoran la sensibilidad a la insulina y favorecen la pérdida de peso al aumentar la saciedad. ¿Sabías que, además, se han observado beneficios en estudios en personas con probióticos, que reducen la hemoglobina glucosilada? (incrementada en pacientes con diabetes). También mejoran el perfil de lípidos en pacientes diabéticos, probablemente mediante la regulación de la microbiota intestinal y la disminución de la inflamación (Bron et al., 2017).

Pero eso no es todo, también se ha explorado el uso de los alimentos funcionales en un escenario que involucra trastornos digestivos y enfermedades intestinales, que sabemos, en el caso de las enfermedades, podemos llegar a desarrollarlas por comer en la calle, por ejemplo, debido a la falta de higiene en la preparación de algunos alimentos. Volviendo con el tema, en pacientes con colitis ulcerosa o síndrome del intestino irritable, se ha documentado que los probióticos que contienen *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* pueden aliviar los síntomas y mejorar la función intestinal. En general el consumo de alimentos ricos en polifenoles favorece a la microbiota, la reducción de la inflamación y la reparación intestinal; un ejemplo de los

polifenoles son las Antocianinas que se encuentran en las bayas, se sabe que pueden estimular el crecimiento de bacterias benéficas como *Bifidobacterium* y *Akkermansia muciniphila*, mientras impiden el crecimiento de bacterias patógenas (*Clostridium perfringens* y *E. coli*); otro ingrediente que es el té verde en su caso, contiene principalmente flavanoles como la Epigallocatequina-3-galato (EGCG) que puede disminuir la abundancia de bacterias malignas como *Firmicutes/Bacteroidetes* y promover el crecimiento de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Bron et al., 2017).

En este aspecto, conforme crece la evidencia que señala estos beneficios en la conservación de la salud, también incrementa la necesidad de mejorar y proteger sus compuestos activos e incluso adaptarlos para satisfacer las necesidades de los individuos. Aquí es donde los avances tecnológicos juegan un papel muy importante en este tipo de alimentos.

## La tecnología en el desarrollo de los alimentos funcionales

Como veníamos platicando, no solo es importante el estudio de estos alimentos, también es de vital importancia saber cómo administrarlos de manera efectiva; es por ello que actualmente una de las tecnologías más prometedoras para mejorar la estabilidad, solubilidad y biodisponibilidad (concentración en el organismo) de los compuestos bioactivos contenidos en los alimentos funcionales que hemos estado abordando (los

polifenoles, el omega 3, las vitaminas y los probióticos) es la nano encapsulación. ¿Pero por qué? Ah, pues resulta que estudios recientes destacan que existen técnicas para proteger ingredientes que tienen una naturaleza delicada frente a condiciones adversas (pH, temperatura, luz); algunas de estas técnicas son la emulsificación, la coacervación y la nano precipitación, que a grandes rasgos tienen la función de permitir que haya una liberación controlada en el tracto gastrointestinal de estos compuestos, de manera que se vuelven más eficientes al actuar (Taouzin, 2023).

De forma paralela a estas técnicas, existen los llamados alimentos inteligentes o “smart foods”, que emplean nanosistemas diseñados para poder liberar y aprovechar de mejor manera los compuestos activos que poseen en respuesta a estímulos específicos del organismo como cambios en el pH, o la presencia de enzimas intestinales. Estos sistemas no solo aumentan la eficacia del ingrediente, sino que reducen las dosis necesarias para que surtan efecto y también reducen la probabilidad de que haya efectos secundarios por su consumo (Mishra et al., 2019).

¿Crees que hemos llegado al final de este subtema? Pues no es así, en el ámbito del empaquetamiento inteligente y activo de los alimentos funcionales, la integración de materiales nanoestructurados como la nanocelulosa y el desarrollo de sensores (si sensores en la comida, aunque parezca increíble existen) que funcionan sin una batería o fuente de energía como tal, está revolucionando la conservación de alimentos funcionales (Figura 2). ¿Pero que función tie-

nen? ¿O para qué? Te estarás preguntando. Bueno pues resulta que se han desarrollado envases que controlan la liberación de antioxidantes o antimicrobianos directamente en el alimento, y otros que monitorizan la frescura en tiempo real, detectando gas o cambios de temperatura y activando la liberación de compuestos protectores cuando es necesario, si, así como lo leíste, la tecnología avanza cada vez más para tener un mejor aprovechamiento (Douaki et al., 2024).

Por último, tal vez te parezca sorprendente lo siguiente, pero si, existe una convergencia entre la nutrición personalizada y la inteligencia artificial (IA), ya que gracias a esta poderosa herramienta ¡Se está impulsando la creación de alimentos funcionales adaptados al perfil genético y el microbioma de las personas! Incluso, se emplean algoritmos para recomendar fórmulas nano encapsuladas específicas (como vitaminas o probióticos) acorde a las necesidades y hábitos del usuario (MRI, 2024).

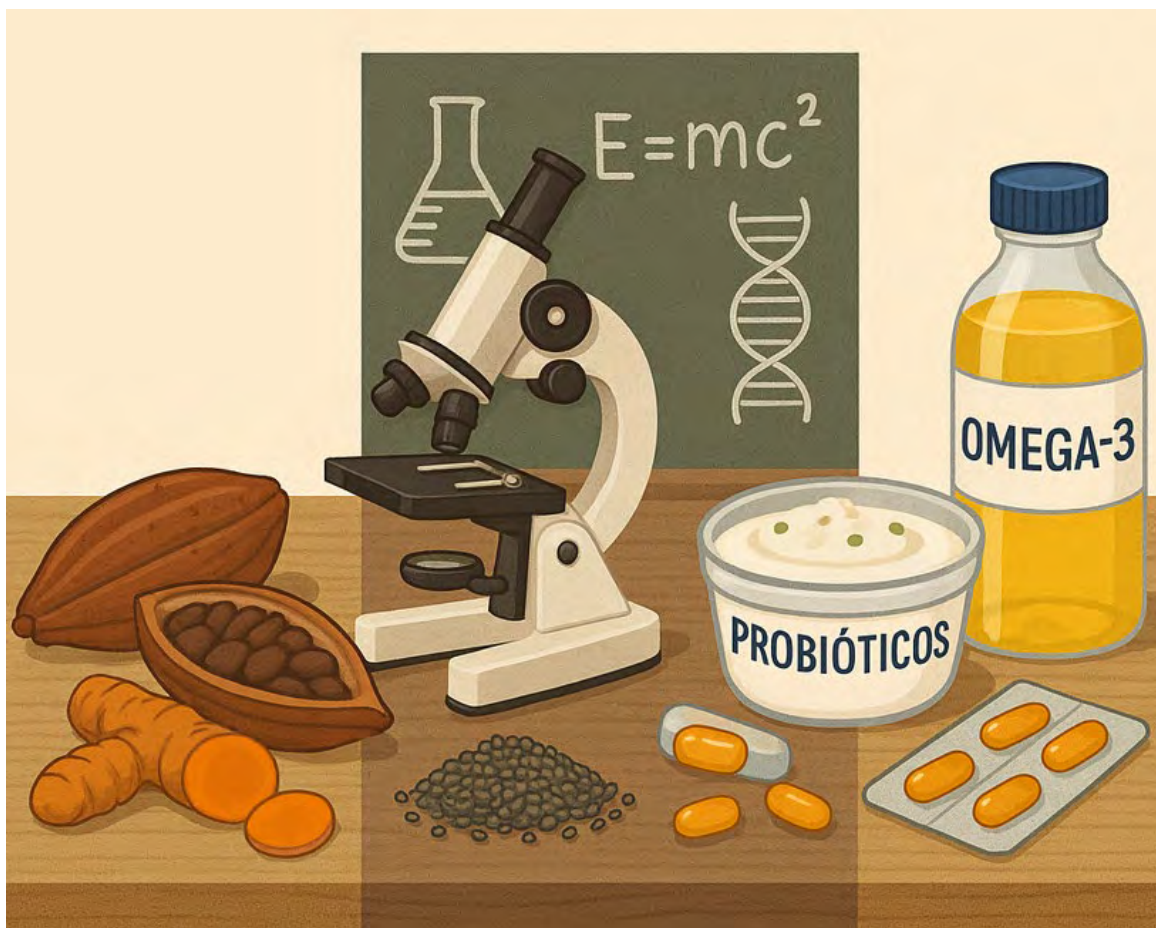
Conforme los alimentos funcionales son mejorados, surge la necesidad de mantener regulada tanto su producción como su etiquetado y su comercialización.

## Regulación de los alimentos funcionales

Como se mencionó anteriormente, el país que fue pionero en establecer una regulación específica para alimentos funcionales fue Japón en 1991. El Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar (MHLW por sus siglas en



inglés) implementó el sistema FOSHU (Foods for Specified Health Uses), que exige una evaluación científica rigurosa incluyendo estudios clínicos, estudios de seguridad, estabilidad y control de calidad para aprobar declaraciones de salud en productos etiquetados. Posteriormente, se desarrolló el sistema FFC (Foods with Function Claims), el cual permite a los fabricantes presentar evidencia científica de manera voluntaria sobre los estudios realizados, sin una revisión previa estricta por parte del gobierno, sin embargo, exige un etiquetado claro y el cumplimiento de buenas prácticas para poder operar (Iwatani & Yamamoto., 2019).



**Figura 2.** Evolución desde lo tradicional a lo tecnológico.

En otras regiones como Europa, la autoridad europea de seguridad alimentaria (EFSA) establece que los alimentos funcionales con nuevos ingredientes deben cumplir con el reglamento de “novel foods” lo cual incluye evaluaciones toxicológicas y de seguridad antes de su comercialización.

Por otro lado, en Estados Unidos, la regulación de productos funcionales como los nutracéuticos está bajo supervisión de la Administración de alimentos y drogas (FDA), aunque al no ser medicamentos, deben colocar advertencias (EFSA, 2022).

¿Pero qué está pasando en el caso de México específicamente? Bueno, en nuestro país, no existe hasta el momento una categoría de alimentos funcionales como en Japón, en nuestro caso, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) regula su producción, etiquetado y comercialización a través de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 sobre el etiquetado de alimentos (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, s/f)

Por último, en México, el desarrollo de alimentos funcionales avanza con entusiasmo, pero es necesaria su regulación de acuerdo con la evidencia científica, para poder garantizar que la innovación alimentaria realmente beneficie a la salud de la población mexicana.

## Referencias

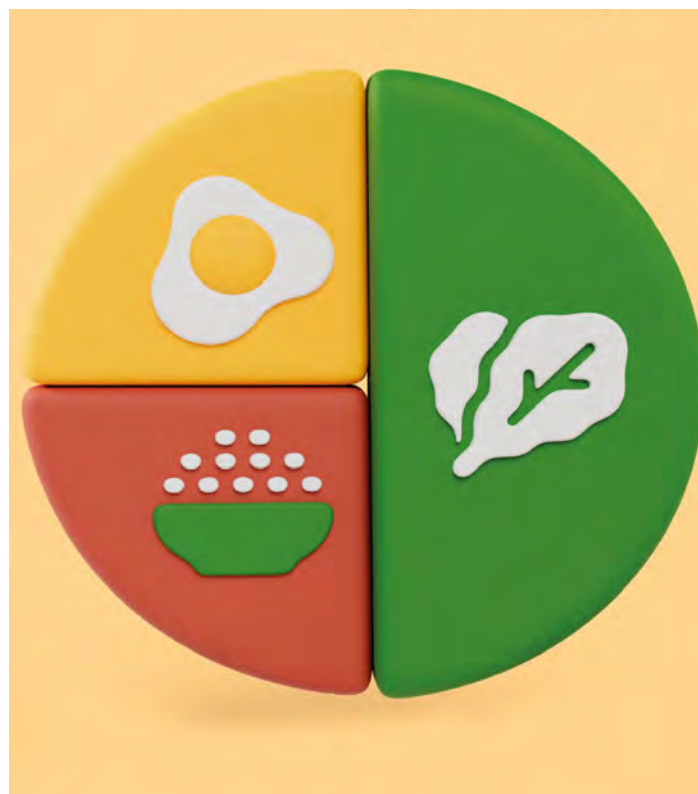
- Ahmad Wani, S., Elshikh, M.S., Al-Wahaibi, M.S., & Naik, H.R. (Eds.). (2023). *Functional Foods: Technological Challenges and Advancement in Health Promotion* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003315100>
- Bron PA, Kleerebezem M, Brummer R-J (2017). Can probiotics modulate human disease by impacting intestinal barrier function? *British Journal of Nutrition*. doi:10.1017/S0007114516004037
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (s/f). Trámites de suplementos alimenticios. gob.mx. Recuperado el 1 de julio de 2025, de <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/suplementos-alimenticios>
- Damián MR, Cortes-Pérez NG, Quintana ET, Ortiz-Moreno A, Garfías Noguez C, Cruceño-Casarrubias CE, Sánchez Pardo ME, Bermúdez-Humarán LG. (2022). *Functional Foods, Nutraceuticals and Probiotics: A Focus on Human Health*. *Microorganisms*. Doi: 10.3390/microorganisms10051065.
- Douaki, A., Ahmed, M., Longo, E., Windisch, G., Riaz, R., Inam, S., Tran, T. N., Papadopoulou, E. L., Athanassiou, A., Boselli, E., Petti, L., & Lugli, P. (2025). Battery-free, stretchable, and autonomous smart packaging. *Advanced Science* (Weinheim, Baden-Wurttemberg, Germany), 12(22), e2417539. <https://doi.org/10.1002/adv.202417539>
- Estruch R, Ros E, Salas-Salvadó J, (2018). Primary Prevention of Cardiovascular Disease with a Mediterranean Diet Supplemented with Extra-Virgin Olive Oil or Nuts. *NEJM*. doi:10.1056/NEJMoa1800389
- European Food Safety Authority (EFSA). (2022). Nutrition applications: regulations and guidance. <https://www.efsa.europa.eu/en/applications/nutrition/regulationsandguidance>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021: Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474en>
- Huey SL, Krisner JT, Bhargava A, Friesen VM, Konieczynski EM, Mbuya MNN, Mehta NH, Monterrosa E, Nyangaresi AM, Mehta S. (2022). Review of the Impact Pathways of Biofortified Foods and Food Products. *Nutrients*.12;14(6):1200. Doi: 10.3390/nu14061200. PMID: 35334857; PMCID: PMC8952206.
- Iwatani, S., & Yamamoto, N. (2019). Functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*, 8(2), 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.011>
- Liu H, Wang J, He T, Becker S, Zhang G, Li D, Ma X. (2018). Butyrate: A Double-Edged Sword for Health? *Adv Nutr*. Doi: 10.1093/advances/nmx009.
- Mishra, M. (Ed.). (2019). *Handbook of encapsulation and controlled release: Second edition: Fundamental technologies and processes* (2a ed.). CRC Press.

- Nelson, K. M., Dahlin, J. L., Bisson, J., Graham, J., Pauli, G. F., & Walters, M. A. (2017). The Essential Medicinal Chemistry of Curcumin. *Journal of medicinal chemistry*, 60(5), 1620–1637. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b00975>
- Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2019). Clinical aspects and health benefits of ginger (*Zingiber officinale*) in both traditional Chinese medicine and modern industry. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 69(6), 546–556. <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1606930>
- Shimizu, M. (2012). Functional food in Japan: Current status and future of gut-modulating food. <https://www.jfda-online.com/journal/vol20/iss1/27/>
- Taouzinet, L., Djaoudene, O., Fatmi, S., Bouiche, C., Amrane-Abider, M., Bougherra, H., Rezgui, F., & Madani, K. (2023). Trends of Nanoencapsulation Strategy for Natural Compounds in the Food Industry. *Processes*, 11(5), 1459. <https://doi.org/10.3390/pr11051459>
- Temple, N. J. (2022). A rational definition for functional foods: A perspective. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.957516>
- Uriarte-Frías, G., Hernández-Ortega, M. M., Gutiérrez-Salmeán, G., Santiago-Ortiz, M. M., Morris-Quevedo, H. J., & Meneses-mayo, M. (2021). Pre-Hispanic Foods Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*), Nopal (*Opuntia ficus-indica*) and Amaranth (*Amaranthus* sp.) as New Alternative Ingredients for Developing Functional Cookies. *Journal of Fungi*, 7(11), 911. <https://doi.org/10.3390/jof7110911>

## Sobre los autores/as

**M en C. Neidy Melina Kuyoc Arroyo.** Licenciada en Bioquímica Diagnóstica egresada de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y posteriormente, de la Maestría en Ciencias en Farmacología del IPN, en donde se encargó de investigar los beneficios de la cúrcuma como coadyuvante en el tratamiento farmacológico de la Falla Ovárica Prematura. Email: [arroyo-neidy@gmail.com](mailto:arroyo-neidy@gmail.com).

**Biol. José Carlos González Arce.** Licenciado en biología egresado de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y estudiante actual de Maestría en Ciencias de la salud del IPN, en donde se investigan los beneficios de la naringenina en un modelo de rata con Enfermedad de Hígado Graso Asociada a Metabolismo. Email: [jose\\_arce97@outlook.com](mailto:jose_arce97@outlook.com)







# ¿Sabías que lo que comes puede salvarte... y salvar al planeta?

Fabián Ricardo Gómez De Anda, Iracema  
Islas Vega, Nydia Edith Reyes Rodríguez, Jorge  
Luis de la Rosa Arana, Jesús Benjamín Ponce  
Noguez, Víctor Johan Acosta Pérez



## Resumen

En México, los hábitos alimentarios se han visto profundamente influenciados por la publicidad y la industrialización de los alimentos, lo que ha contribuido al aumento de enfermedades crónicas como obesidad y diabetes. La falta de políticas públicas sólidas y coherentes ha permitido que la industria alimentaria imponga modelos de consumo poco saludables mediante estrategias publicitarias agresivas, especialmente dirigidas a niños. Esta debilidad institucional ha obstaculizado los esfuerzos por promover dietas equilibradas. El papel transformador que tienen el conocimiento tradicional y la biodiversidad alimentaria en los sistemas alimentarios modernos, la recuperación de prácticas culturales locales y la promoción de alimentos tradicionales podrían fortalecer la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y restaurar ecosistemas. Existe una necesidad urgente de repensar el sistema alimentario desde una perspectiva integral, donde la regulación efectiva y el conocimiento ancestral ocupen un lugar central.

## Introducción

En el panorama actual de un mundo globalizado existe un creciente interés por adoptar estilos de vida saludables, lo cual contrasta con el continuo deterioro ambiental y el incremento de enfermedades no transmisibles (Popkin et al., 2020), por ello, la conexión entre alimentación, salud humana y bienestar adquiere una relevancia

crucial en el desarrollo de las poblaciones (WHO, 2021). La alimentación trasciende su rol de simple fuente de energía para ser una herramienta fundamental en la prevención de enfermedades, la promoción de una salud integral y el fomento de un equilibrio ecológico (FAO, 2022). Dentro de este marco, los alimentos nutraceuticos se catalogan como elementos de la dieta que proporcionan beneficios preventivos y terapéuticos en la salud del consumidor (Patel, 2012), mismos que se perfilan como una estrategia prometedora en la medicina preventiva y la nutrición funcional (Martirosyan & Singh, 2015). El presente escrito explora el rol de los alimentos nutraceuticos en el contexto de la salud integral, examinando su función a nivel individual, comunitario y ambiental.

Un enfoque integral del bienestar abarca no sólo la dimensión física, sino también los aspectos emocionales, mentales, sociales e incluso ambientales del individuo. De esta manera, una nutrición adecuada, que incorpore componentes nutraceuticos, incide positivamente en múltiples facetas del bienestar humano y en la sostenibilidad planetaria.

Nuestro país enfrenta una crisis de salud pública originada por el sobrepeso y la obesidad, especialmente preocupante en los infantes (Aguilera-Bocanegra et al., 2022). Este fenómeno está estrechamente ligado al consumo de alimentos ultraprocesados (UPF, del inglés Ultra-processed foods), el impacto de la publicidad y la fragilidad de las políticas públicas en materia alimentaria. Incluso el panorama alimentario en México se ha visto transformado por una transición

hacia productos industrializados, fomentada por estrategias publicitarias agresivas y escasamente reguladas (Islas Vega et al. 2020). El Código PABI (Código de Autorregulación de Publicidad de Alimentos y Bebidas), promovido por la propia industria, resulta insuficiente y evidencia un conflicto de interés, en claro contraste con las directrices internacionales más estrictas de organismos como la Organización Mundial para la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Las áreas de oportunidad en México derivan en una situación que es alarmante donde más del 70% de los adultos y un porcentaje considerable de menores sufren obesidad, situación que acarrea alta incidencia de enfermedades crónicas, mortalidades asociadas y comorbilidades (Barquera et al., 2020).

## Alimentación y Salud Humana

La relación entre nutrición y salud está sólidamente documentada, las dietas desequilibradas o con un elevado consumo de alimentos procesados se vinculan estrechamente con enfermedades crónicas no transmisibles (Afshin et al., 2019), como la obesidad, la diabetes tipo 2, la hipertensión, las enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Por el contrario, una alimentación rica en productos naturales y nutraceuticos no solo ayuda a prevenir estos padecimientos, sino que también fortalece el sistema inmunológico (Figura 1).



Figura 1. **Consulta Nutricional.** La fotografía fue tomada por uno de los autores (IIV) en 2025.

Los alimentos nutraceuticos se erigen como una herramienta eficaz en la medicina nutricional. Ejemplos notables incluyen el ajo, el jengibre, la cúrcuma, el aceite de oliva, los frutos rojos, el té verde, así como los probióticos y prebióticos, entre otros (Amanullah et al., 2024). Numerosos estudios confirman que estos alimentos se relacionan con el control de los niveles de colesterol, la presión arterial, optimizan la digestión, mitigan la inflamación sistémica e incluso coadyuvan en la modulación del microbiota intestinal, efectos con implicaciones directas en la salud física y mental (Mudondo et al., 2025).

## Visión Holística del Bienestar

El bienestar humano es indisociable de la salud de su entorno. Una perspectiva holística reconoce esta interconexión fun-

damental: la salud individual no puede desvincularse de la del ecosistema. Por ejemplo, una dieta fundamentada en alimentos ultraprocesados no solo repercute en la salud del individuo, sino que su cadena de producción agrava la degradación ambiental y el cambio climático (Liyanapathirana et al., 2023).

Los alimentos ultraprocesados (UPF) son productos industriales caracterizados por contar en su composición con ingredientes refinados, aditivos y conservadores químicos, los cuales normalmente no se encuentran en las cocinas domésticas. Los UPF se caracterizan por su larga vida útil, su alta palatabilidad debido a ingredientes añadidos como azúcar, sal y saborizantes artificiales; por lo cual se contienen un alto nivel de calorías, pero con niveles bajos de nutrientes, vinculándose consistentemente con enfermedades crónicas cuando se consumen por encima de los límites recomendados. Los UPS, por lo tanto, se asocian con consecuencias adversas para la salud, especialmente cardiometabólicas, trastornos mentales, ciertos tipos de cáncer, obesidad y diabetes tipo 2, entre otras, que pueden culminar en mortalidad (Monteiro et al., 2019; Lane et al., 2024).

Desde una perspectiva ambiental, la producción y el consumo de UPF (alimentos ultraprocesados) conllevan impactos significativos. Un estudio publicado en *Public Health Nutrition* por García y colaboradores en 2023, reveló que las dietas con alto contenido de UPF se asocian con emisiones de gases de efecto invernadero, el uso intensivo de agua y energía y, pérdida de biodiversidad. Adicio-

nalmente, la producción de ingredientes comunes en los UPF, como el aceite de palma y el jarabe de maíz de alta fructosa, impulsa la deforestación y la degradación de ecosistemas. La acumulación de residuos plásticos derivados del empaque de estos productos también constituye una seria amenaza ambiental, afectando la salud del suelo y diferentes formas de vida por la ingesta de microplásticos. Estos impactos ambientales, a su vez, repercuten negativamente en la salud humana al comprometer la calidad del aire, el agua y los alimentos disponibles (Butkuvienė et al., 2024).

Adoptar una alimentación basada en alimentos frescos y mínimamente procesados no solo potencia la salud individual, sino que también apuntala la sostenibilidad ambiental. Este enfoque integral fomenta un equilibrio virtuoso entre el bienestar humano y la salud del planeta (Tinahones et al., 2023).

La promoción de dietas centradas en alimentos locales, frescos y nutraceuticos tiene el potencial de reducir la huella ecológica y alentar prácticas agrícolas sostenibles. Asimismo, dinamiza las economías locales y contribuye a rescatar saberes etnobiológicos sobre el uso medicinal de plantas y alimentos (Kennedy et al., 2022).

En este contexto, la educación alimentaria debe trascender el simple conteo de calorías o nutrientes, para enfocarse en el origen de los alimentos, sus métodos de procesamiento, su impacto en el organismo y sus consecuencias para el ambiente (Mejía et al., 2023).

## Nutracéuticos en la Prevención de Enfermedades

Incorporar alimentos nutracéuticos en la dieta diaria permite reducir la visión del consumo de suplementos o productos procesados enriquecidos; además, induce a la sociedad a redescubrir los beneficios inherentes de los ingredientes naturales que cuentan con destacados principios bioactivos (Figura 2). Por ejemplo, los polifenoles de los frutos rojos ejercen potentes efectos antioxidantes, mientras que los ácidos grasos omega-3, de origen vegetal o marino, disminuyen la inflamación y salvaguardan la salud cardiovascular (Amanullah et al., 2024)

La evidencia científica respalda sólidamente el papel de los nutracéuticos en la prevención de enfermedades neurodegenerativas, trastornos metabólicos y diversas patologías inflamatorias (Amanullah et al., 2024). Así mismo, al modular la microbiota intestinal, estos alimentos también influyen positivamente en el eje intestino-cerebro, lo que se traduce en mejoras para la salud mental y emocional (Liu et al., 2025).

Así, una estrategia de salud pública orientada hacia la alimentación funcional puede aligerar la carga económica y la demanda de atención de los sistemas sanitarios, elevar la calidad de vida de la población y coadyuvar al desarrollo sostenible.



**Figura 2.** Alimentos nutracéuticos elaboración propia.

## Conclusión

La integración de los alimentos nutraceuticos en la dieta cotidiana representa un avance fundamental hacia un panorama de salud integral y sostenible. Esta interacción no solo favorece la salud individual mediante la prevención activa de enfermedades, sino que también alberga el potencial de regenerar ecosistemas, salvaguardar su biodiversidad y empoderar a las comunidades a través del conocimiento alimentario.



Resulta imprescindible adoptar un enfoque educativo y multidisciplinario que capacite a la población para identificar, valorar e incorporar alimentos nutraceuticos dentro de su propio contexto cultural y ecológico. De esta forma se podrá coadyuvar en edificar una sociedad más saludable, resiliente y genuinamente respetuosa con el planeta.

La visión holística del bienestar, que interconecta la salud del cuerpo, la mente y el entorno, debe ser la brújula que oriente las políticas públicas, la investigación científica y las prácticas cotidianas relacionadas con la alimentación.

## Referencias

- Aguilera-Bocanegra, S. P., Gamez-Fernández, A., Navarro-Perez, J. A., Solares-Alvarado, A. P., Tinajero-Castro, C. M., Trejo-Nava, E. P. y Ozuna, C. (2022). El sobrepeso y la obesidad infantil en México y su relación con el consumo de azúcares. *Jóvenes en la Ciencia*, 16, 1-7.
- Amanullah, M., Nahid, M., Hosen, S. Z., Akther, S. y Kauser-Ul-Alam, M. (2024). The nutraceutical value of foods and its health benefits: A review. *Health Dynamics*, 1(8), 273-283. <https://doi.org/10.33846/hd10802>
- Barquera, S., Hernández-Barrera, L., Trejo, B., Shamah, T., Campos-Nonato, I. y Rivera-Dommarco, J. (2020). Obesidad en México, prevalencia y tendencias en adultos. *Ensanut 2018-19. Salud Pública De México*, 62(6, Nov-Dic), 682-692. <https://doi.org/10.21149/11630>
- Butkuvienė, A. (2024). Public consumption of microplastics and awareness about potential health effects and prevention. *Taikomieji Tyrimai Studijose Ir Praktikoje-Applied Research in Studies and Practice*, 20(1), 59-66. <https://ojs.panko.lt/index.php/ARSP/article/view/237>.
- FAO. (2022). The future of food and agriculture – Drivers and triggers for transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/publications>
- García, S., Pastor, R., Monserrat-Mesquida, M., Álvarez-Álvarez, L., Rubín-García, M., Martínez-González, M. Á. y Bouzas, C. (2023). Ultra-processed foods consumption as a promoting factor of greenhouse gas emissions, water, energy, and land use: a longitudinal assessment. *Science of the Total Environment*, 891, 164417. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.164417.
- Islas Vega, I., Reynoso Vázquez, J., Hernández Cerruelos, M. D. C. A., y Ruvalcaba Ledezma, J. C. (2020). La alimentación en México y la influencia de la publicidad ante la debilidad en el diseño de políticas públicas. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(8), 853-862. doi:10.19230/jonnpr.3259
- Kennedy, G., Wang, Z., Maundu, P., y Hunter, D. (2022). The role of traditional knowledge and food biodiversity to transform modern food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 130, 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.09.011>
- Lane, M. M., Gamage, E., Du, S., Ashtree, D. N., McGuinness, A. J., Gauci, S., Baker, P., Lawrence, M., Rebholz, C. M., Srouf, B., Touvier, M., Jacka, F. N., O'Neil, A., Segasby, T. y Marx, W. (2024). Ultra-processed food exposure and adverse health outcomes: umbrella review of epidemiological meta-analyses. *BMJ (Clinical research ed.)*, 384, e077310. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-077310>
- Liu, L., Qi, W., Zhang, N., Zhang, J., Liu, S., Wang, H. y Sun, Y. (2025). Nutraceuticals for Gut-Brain Axis Health: A Novel Approach to Combat Malnutrition and Future Personalised Nutraceutical Interventions. *Nutrients*, 17(9), 1551. doi:10.3390/nu17091551
- Liyanapathirana, N.N., Grech, A., Li, M., Malik, A., Ribeiro, R., Burykin, T. y Raubenheimer, D. (2023). Nutritional, environmental and economic impacts of ultra-processed food consumption

- in Australia. *Public Health Nutrition*, 26(12), 3359–3369. doi:10.1017/S136898002300232X
- Monteiro, C.A., Cannon, G., Levy, R.B., Moubarac, J.C., Louzada, M.L., Rauber, F. y Jaime, P.C. (2019). Alimentos ultraprocesados: qué son y cómo identificarlos. *Nutrición en salud pública*, 22 (5), 936–941. doi:10.1017/S1368980018003762
- Mudondo, J., Happy, K., Gang, R., Ban, Y., y Kang, Y. (2025). From nature to nutrition: exploring the synergistic benefits of functional foods and herbal medicines for holistic health. *Applied Biological Chemistry*, 68(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s13765-025-00985-z>
- Tinahones, F. J., Santos-Lozano, J. M., Serra-Majem, L., Cano-Ibañez, N. y Bouzas, C. (2023). Ultra-processed foods consumption as a promoting factor of greenhouse gas emissions, water, energy, and land use: A longitudinal assessment. *The Science of the total environment*, 891, 164417. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164417>
- Martirosyan, D. M. y Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: What makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*, 5(6), 209–223. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v5i6.183>
- Patel, V. B. (2012). Nutraceuticals and functional foods. In *Bioactive Foods in Promoting Health* (pp. 3–24). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397154-8.00001-1>
- Popkin, B. M., Corvalan, C. y Grummer-Strawn, L. M. (2020). Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality. *The Lancet*, 395(10217), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32497-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32497-3)
- World Health Organization (WHO). (2021). Healthy diet. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

## Sobre los autores/as

- Dr. Fabián Ricardo Gómez De Anda.** SNII-1, Profesor-Investigador de Tiempo Completo; ICAP, UAEH. Seguridad alimentaria, alimentos nutraceuticos, Epidemiología, inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre. Email: [fabian\\_gomez@uaeh.edu.mx](mailto:fabian_gomez@uaeh.edu.mx)
- Mtra. Iracema Islas Vega.** Profesora; UAEH, ETAC. Nutrición, seguridad alimentaria e inmunobiología con importancia en salud pública. Email: [isx0043@uaeh.edu.mx](mailto:isx0043@uaeh.edu.mx)
- Dra. Nydia Edith Reyes Rodríguez.** SNII-1, Profesora-Investigadora de Tiempo Completo; ICAP, UAEH. Inocuidad y Seguridad alimentaria e inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre. Email:
- Dra. Andrea Paloma Zepeda Velázquez.** SNII-1, Profesora-Investigadora de Tiempo Completo; ICAP, UAEH. Epidemiología, seguridad alimentaria e inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre. Email: [andrea\\_zepeda@uaeh.edu.mx](mailto:andrea_zepeda@uaeh.edu.mx)
- Dr. Jorge Luis de la Rosa Arana.** SNII-1, Pride B, Profesor-Investigador de Tiempo Completo; FESC, UNAM. Epidemiología, seguridad alimentaria e inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre. Email: [jorgeluis.delarosa.arana@cuaautitlan.unam.mx](mailto:jorgeluis.delarosa.arana@cuaautitlan.unam.mx)
- Dr. Jesús Benjamín Ponce Noguez.** Profesor-Investigador, Universidad Autónoma de Chiapas. Epidemiología, seguridad alimentaria, alimentos nutraceuticos, inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre.
- Dr. Víctor Johan Acosta Pérez.** SNII-C, Profesor por asignatura; ICAP, UAEH. Inocuidad, sanidad y evaluación sociosanitaria de organismos de producción acuícola. Email: [victor\\_acosta@uaeh.edu.mx](mailto:victor_acosta@uaeh.edu.mx)

# Diabetes mellitus, con “m” de miel

Nahum Galindo Vargas  
y Delia Soto Castro



## Resumen

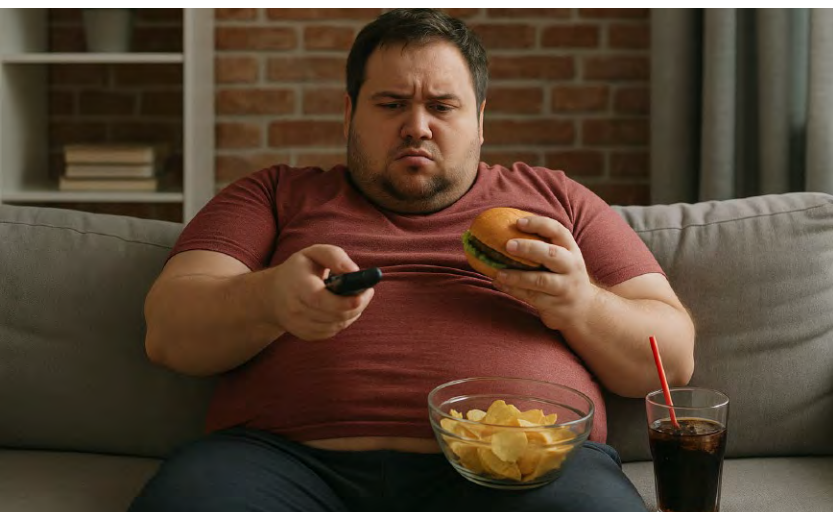
La diabetes mellitus es una enfermedad metabólica crónica caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre. Su prevalencia ha aumentado debido al sedentarismo y a una alimentación poco saludable. Curiosamente, muchos conceptos clave en torno a esta enfermedad comienzan con la letra “m”: desde mellitus, que alude a la orina dulce, hasta metformina, el fármaco más utilizado en su tratamiento. La diabetes es un padecimiento multifactorial, asociado a complicaciones micro y macrovasculares que pueden afectar la calidad y esperanza de vida. Los avances terapéuticos, como el silenciamiento de enzimas digestivas o el desarrollo de fármacos derivados del veneno del Monstruo de Gila, abren nuevas posibilidades para su control. Además, se están investigando medicamentos innovadores como la insulina autorregulable y fármacos inyectables semanales que también ayudan a reducir peso. Esta enfermedad, silenciosa pero devastadora, representa un enorme reto de salud pública que requiere un abordaje integral, innovador y preventivo.

## Introducción

La diabetes es un padecimiento que se caracteriza por altos niveles de azúcar (glucosa) en la sangre, y la cantidad de personas que la padecen se ha incrementado en los últimos años debido a los hábitos sedentarios y de alimentación en la vida moderna (Figura 1). Curiosamente, varios datos con la letra “m” rodean a este padecimiento. Te contamos brevemente.

- **Mellitus:** esta palabra procede del latín y significa “miel”. Areteo de Capadocia la utilizó para referirse al sabor dulce de la orina en pacientes diabéticos.
- **Micción frecuente:** conocida también como poliuria, es uno de los síntomas principales de la diabetes, además de sed y hambre excesivos, pérdida de peso y cansancio.
- **Madhumeha kshaudrameha:** es como se le conoce a la diabetes en el sistema de medicina tradicional de la India, la Ayurveda, y significa “micción exagerada de sabor dulce como la miel”. Las primeras referencias sobre esta enfermedad en la Ayurveda datan de hace 4500 años.
- **Médico egipcio Hesy-Ra** (1552 a.C.): describió a la poliuria como uno de los síntomas de esta enfermedad.
- **Menfis:** Apolonio de Menfis acuñó el término diabetes en el año 230 a.C., que significa sifón o fluir en griego, para referirse a la poliuria.
- **Matthew Dobson:** médico inglés que demostró la presencia de glucosa en la orina en el año 1776.
- **Metabolismo desordenado:** este padecimiento se caracteriza por un alto nivel de azúcar en la sangre, ya sea por una insuficiente secreción de insulina o resistencia a esta, alterando el metabolismo de la glucosa (azúcares), grasas y proteínas.





**Figura 1.** El estilo de vida moderno ha provocado un aumento en los casos de diabetes mellitus.

- **Multifactorial:** múltiples factores de riesgo pueden desencadenar la diabetes; por ejemplo, factores genéticos, obesidad, estilos de vida poco saludables, inactividad física, hipertensión, consumo de alcohol, entre otros.
- **Microvascularización:** La diabetes daña los vasos sanguíneos más pequeños (microvasculares), especialmente en los ojos, riñones y nervios, consecuencia de la hiperglicemia, causando daño en los tejidos del ojo con retinopatías, glaucoma, cataratas, en riñón con nefropatías como proteinuria, fallas en el riñón e infecciones, y neuropatías como úlceras en el pie, que conduce a la amputación.
- **Microvascularización:** las complicaciones macrovasculares incluyen daños al corazón, al cerebro con infartos, deterioro cognitivo o en-

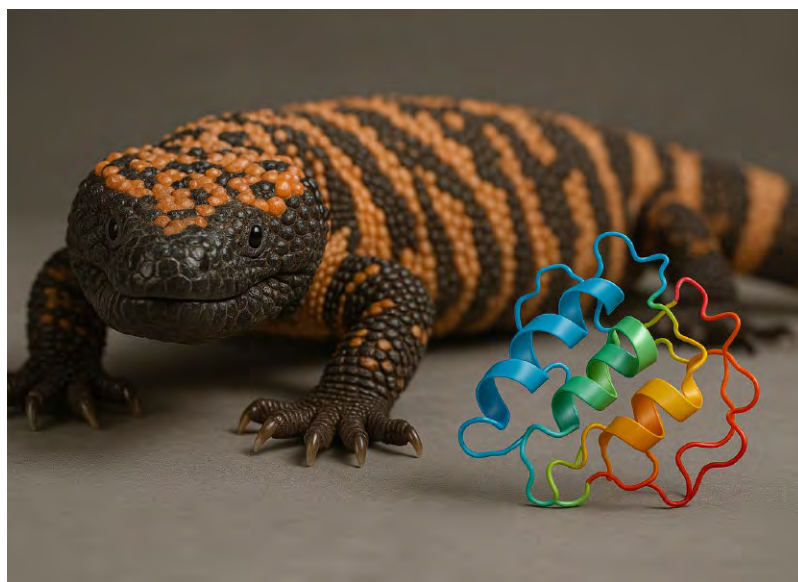
fermedades vasculares en extremidades como ulceración, gangrena y amputación.

- **Millones de adultos con diabetes:** 589 millones de personas entre 20 y 79 años con diabetes a nivel mundial en el año 2024.
- **Millones de dólares:** 1 000 000 de millones de dólares (o un trillón de dólares) fue el gasto estimado en el tratamiento de esta enfermedad a nivel mundial en el año 2024.
- **Mortalidad:** se estima que 3.4 millones de personas fallecieron a causa de la diabetes en 2024.
- **México:** se estimó que 13.6 millones de mexicanos padecían diabetes en el año 2024, ocupando la posición número 8 a nivel mundial en los países con más personas entre 20 y 79 años que padecen diabetes.
- **Mecanismos de acción de los medicamentos antidiabéticos:** al tratarse de una enfermedad que afecta a múltiples órganos y sistemas, se han desarrollado medicamentos que actúan por diversos mecanismos. Por ejemplo, aumentan la sensibilidad del cuerpo a la insulina o promueven una mayor secreción de insulina, reducen los niveles de azúcar en la sangre, reducen la absorción intestinal de la glucosa o promueven su eliminación a través de la orina, prolongan la vida media de las hormonas que regulan el metabolismo o simulan a estas hormonas.

- **Marzo de 1945:** se patentó en Estados Unidos un método para la síntesis de compuestos conocidos como biguanidas, familia a la que pertenece la metformina.
- **Mayo de 1965:** se patentó en Canadá la dimetil-biguanida, conocida como metformina, para ser utilizada como agente hipoglucemiante, es decir, que reduce los niveles de azúcar en la sangre.
- **Metformina:** A sesenta años de haber sido patentada como antidiabético, la metformina continúa siendo el medicamento de primera línea para el tratamiento de la diabetes. La Organización Mundial de la Salud la recomienda dentro de la canasta básica de medicamentos. Se deriva de una planta conocida como galleja o ruda cabruna (*Galega officinalis*).
- **Mediator:** medicamento de origen francés para combatir la diabetes, que lograba que los pacientes redujeran su peso corporal. Sin embargo, fue retirado del mercado en el 2009 debido a que su uso se asoció con muertes por complicaciones de corazón y pulmones.
- **Miglitol:** y la acarbosa y voglibosa son medicamentos que funcionan bloqueando a las enzimas del intestino delgado que se encargan de degradar azúcares complejos a unidades de glucosa. De este modo no se presenta un aumento repentino de los niveles de azúcar en la sangre.

Son utilizados principalmente en países asiáticos como medicamentos de primera línea contra la diabetes.

- **Monstruo de Gila:** Es un reptil ponzoñoso de lento movimiento que caza a sus víctimas mordiendo e inyectándole su veneno letal, que también contiene una proteína que ocasiona que el azúcar en la sangre disminuya rápidamente. La duración del efecto de esta proteína fue fuente de inspiración para el diseño de nuevos medicamentos que se asemejan a las proteínas que regulan el metabolismo humano, pero con una mayor duración. A partir de su estudio se comercializó la liraglutida, de una aplicación diaria, y la exenatida, de la cual se requería una aplicación semanal. (Figura 2)



**Figura 2.** La forma en que el veneno del monstruo de Gila disminuye rápidamente los niveles de azúcar de sus víctimas condujo al desarrollo de la liraglutida, exenatida, semaglutida y tirzepatida.

- **Mayo de 2022:** aprobación de Mounjaro por la Administración de Alimentos y Medicamentos estadounidense, medicamento que contiene una proteína llamada tirzepatida que regula la glucosa en la sangre y contribuye a la pérdida de peso.
- **Mounjaro:** y toda una línea de medicamentos que contienen semaglutida o tirzepatida, como ozempic, wegovy y zepbound, han emergido para el tratamiento de la diabetes y disminución de peso, incluso hay evidencia de que puede ser útil para el tratamiento de adicciones. Funcionan disminuyendo el apetito principalmente y sólo se requiere de una dosis semanal. Aunque su costo aún es elevado, países como India y China trabajan en el desarrollo de genéricos para cuando las patentes de las grandes farmacéuticas lleguen a su término.
- **Modulación de insulina por glucosa:** aunque aún está en proceso de investigación, es posible que en un futuro se comercialice una insulina regulada por los niveles de glucosa en la sangre.

## Conclusión

La diabetes es más que una enfermedad: es un reflejo de los desafíos modernos

en salud, estilo de vida y equidad social. Entender sus múltiples dimensiones —desde los factores de riesgo hasta las innovaciones farmacológicas— es clave para enfrentarla de manera integral. La letra “m” no solo une conceptos históricos, clínicos y terapéuticos, sino que también recuerda que la medicina, la metformina y el monitoreo son aliados fundamentales. En un mundo que cambia rápidamente, la prevención y la educación son tan importantes como los tratamientos. Hablar de diabetes es también hablar de hábitos, ciencia y futuro.

## Referencias

- International Diabetes Federation. (2025). IDF Diabetes Atlas (11th edn). <https://diabetesatlas.org>
- Sen, S., Chakraborty, R., & De, B. (2016). Diabetes Mellitus in 21st Century. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1542-7>
- WHO Package of Essential Noncommunicable (PEN) Disease Interventions for Primary Health Care (1st ed). (2020). World Health Organization.

## Sobre las autoras

**Nahum Galindo Vargas**, estudiante de Doctorado en Ciencias del Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, interesado en la enseñanza y divulgación de la ciencia. Email: [ngalindov2000@alumno.ipn.mx](mailto:ngalindov2000@alumno.ipn.mx).

**Delia Soto Castro**. Investigadora por México, adscrita al Instituto Politécnico Nacional, cuya línea de investigación se centra en extractos con actividad antidiabética y polímeros con capacidad para acarrear fármacos.

Email: [dsotoc@ipn.mx](mailto:dsotoc@ipn.mx).





# Los murciélagos como propagadores de virus potencialmente mortales

Elizabeth Ortega Soto  
José Luis Cuellar Camacho  
Mario Chopin Doroteo



## Resumen

Muchos virus que recientemente han llegado a la población humana tienen su origen en los murciélagos. Estos virus además se han infectado otras especies animales, a veces causándoles daño no perceptible a simple vista. Por lo que entender la biología de los murciélagos, así como su relación con organismos microscópicos como los virus es fundamental para poder prevenir la transmisión de infecciones potencialmente mortales para otros organismos vivos como los humanos y ayudar a mantener un equilibrio saludable entre las diferentes especies de seres vivos.

## ¿Por qué los murciélagos pueden tener una gran cantidad y diversidad de virus?

Los murciélagos son un grupo de mamíferos muy variados, con más de 1480 especies diferentes (Gupta et al., 2021). Estos mamíferos voladores tienen diferentes hábitos alimenticios que van desde alimentarse con sangre, insectos, peces, frutas hasta polen y colonizan casi cualquier tipo de ecosistema terrestre (Calistri et al., 2021).

Las diferentes especies de murciélagos también exhiben comportamientos diferentes. Algunas hibernan, bajando o incrementando su temperatura corporal, dependiendo de las condiciones ambientales. Otras espe-

cies migran y por lo general tienen que lidiar con condiciones adversas. Los murciélagos viven en cavernas y por lo general forman grupos o colonias grandes, ¡se han llegado a contabilizar más de 4 mil individuos por metro cuadrado! Esto favorece que los virus que los infectan pasen con facilidad entre ellos (Hayman, 2016). Sin embargo, el avance actual de la urbanización a nivel mundial ha llevado a una reducción significativa de sus hábitats, lo cual ha resultado también en una mayor probabilidad de contacto entre el ser humano y los diferentes ecosistemas donde se encuentran los murciélagos. Por otro lado, existen casos excepcionales de adaptación de enormes poblaciones de murciélagos en ciudades modernas, como lo es el caso del puente Ann W. Richards en Austin, Texas, que sirve de hogar para más de millón y medio de murciélagos (figura 1). Lo que favorece que los virus que infectan a los murciélagos entren en contacto con los humanos u otras especies animales.

El sistema inmune de los murciélagos hace que estos animales sean tolerantes a una gran cantidad de infecciones virales sin que se manifiesten en ellos como enfermedades graves. Los murciélagos expresan de forma constante una molécula llamada interferón, que, como su nombre lo indica, interfiere en la multiplicación de los virus en la célula (Gupta et al., 2021). También hay estudios que sugieren que la respuesta inmune de los murciélagos no favorece la inflamación (Calistri et al., 2021), la cual está relacionada con el malestar que tenemos los humanos cuando nos enfermamos (fiebre, dolor, malestar general, entre otros). El no

desarrollar enfermedades graves favorece que estos animales continúen sus rutinas, como la búsqueda de alimento, migración, etc. lo que favorece su interacción con otros individuos de su especie o de otras, y por lo tanto la diseminación de los virus que los infectan.



**Figura 1.** Colonia de murciélagos en el puente Ann W. Richards en Austin, Texas. Tomada de <https://austin.culturemap.com/news/city-life/05-04-18-history-of-austin-mexican-free-tail-information-when-to-see-the-bats-congress-avenue-bridge/>.

Además, los murciélagos tienen expectativas de vida muy largas en comparación con otros mamíferos pequeños, lo que favorece que puedan transmitir mayor cantidad de virus a lo largo de su vida (Calistri et al., 2021). La preocupación de transmisión de enfermedades por virus emergentes presentes en poblaciones de murciélagos ha tomado relevancia central en años recientes y es tema de debate actual ya que las causas de epidemias o incluso pandemias anteriormente asociadas con murciélagos es de origen multifactorial. La versatilidad de estos mamíferos voladores para adaptarse a distintos ambientes y a variadas fuentes de alimentación, combinado con un potente sistema inmune generador de anticuerpos, hace a los murciélagos un reservorio ejemplar de microorganismos incluidos virus. Desafortunadamente, lo anterior se acentúa aún más tomando en cuenta la proximidad forzada de la población de estos mamíferos con la humana como ha ocurrido de manera creciente en los últimos años.

## Muchos virus nuevos vienen de los murciélagos

Los virus más conocidos que han pasado de los murciélagos a la población humana son los Coronavirus. Entre ellos el SARS-CoV-1 causante del Síndrome Respiratorio Agudo Severo, que surgió a finales del 2002 en China; el MERS, causante del Síndrome Respiratorio de Medio Oriente, que apareció por primera vez en el 2012 en Arabia Saudita y el más famoso de todos, el SARS-CoV-2, causante de la COVID-19 que se diseminó por todo el mundo a finales del 2019 y que hasta la fecha sigue circulando entre los humanos (Calistri et al., 2021).

Además de los coronavirus, otros virus que han pasado de los murciélagos a los humanos, tenemos al Nipah, que puede causar encefalitis; o el virus Hendra, que causa fiebre y puede tener manifestaciones respiratorias o neurológicas graves; o incluso virus como Marburg y el Ébola, que, aunque su verdadero origen es desconocido, se ha observado que los murciélagos de la fruta pueden ser sus portadores. En estudios recientes se calcula que cerca de 28 familias de virus se asocian a los murciélagos (Calistri et al., 2021). Algunos virus ya conocidos desde la antigüedad han pasado de los murciélagos a nosotros como el virus de la rabia conocido desde hace 400 años. Por lo que el hecho de que los virus pasen de una especie animal a otra no es nuevo.

La importancia de los murciélagos como portadores de virus que pueden ser potencialmente peligrosos para los humanos es una realidad.

Encontrar virus nuevos en murciélagos no quiere decir que estos puedan representar un peligro potencial a los humanos de forma automática. Muchos virus que infectan a los murciélagos seguramente no son capaces de infectar a otras especies. Sin embargo, es posible que algunos puedan mutar y ser infecciosos para especies que antes no afectaban. Pero incluso con mutaciones, no todos los virus de murciélagos podrán encontrar a una especie diferente para infectarla ni llegarán a estar en contacto con los humanos.

## Los murciélagos no solo afectan a los humanos, otros animales también son susceptibles

Los humanos no somos los únicos que nos podemos infectar con los virus que vienen de los murciélagos. De hecho, muchas otras especies se han contagiado con algunos coronavirus y es gracias a esas infecciones que muchos virus han llegado a los humanos. Por ejemplo, el SARS-CoV infectó a civetas antes de infectar a los humanos y el MERS afectó primero a los camellos y posteriormente pasó a los humanos. En el caso del SARS-CoV-2, se considera que los pangolines pueden ser de las primeras especies infectadas y a partir de las cuales, el virus pudo llegar a infectar a los humanos; además se ha visto que otros animales se pueden infectar con el virus, como el mink, algunos felinos salvajes, e incluso los perros y gatos. Estos animales también pueden padecer de signos respiratorios o gastrointestinales (Calistri et al., 2021).

## Los murciélagos no son solo enemigos que transmiten enfermedades

Los murciélagos tienen un papel importantísimo en la naturaleza, Las poblaciones de murciélagos alrededor del mundo sirven como un control natural de plagas para ciertas especies de insectos, que de no estar estos se tendría un serio impacto ambiental especialmente en la agricultura. Muchos de ellos son los únicos polinizadores para algunas especies específicas de plantas, haciéndolos eficientes propagadores de genes en distintas especies vegetales, desde orquídeas en selvas tropicales, hasta cactáceas en desiertos aislados. Más aún, esta contribución a la diversificación genética se extiende a islas separadas por decenas de kilómetros de tierra, ya que, a excepción de los casquetes polares, la presencia de los murciélagos en la tierra es global.

A pesar de que es cierto que muchos murciélagos son portadores de una vasta variedad de virus, lo anterior no demuestra que sean los responsables directos de la transmisión del patógeno a la población humana. Durante la pandemia mundial causada por el COVID-19, al murciélago se le adjudicó inmediatamente ser el animal reservorio del virus que causaba la enfermedad, a pesar de no contar con evidencia científica (Anderson et al., 2020). Lo anterior implica que muy probablemente los murciélagos no representan la amenaza a la salud con la cual frecuentemente se les asocia y de la cual han sufrido una reciente mala reputación. Como ejem-

plo de lo anterior, es el impacto directo que ha tenido la población de murciélagos de la fruta en el oeste de África, donde seguido a la epidemia ocurrida en Liberia en 2014, fueron directamente acusados como los principales responsables de la propagación del virus Ébola. Investigaciones realizadas posteriores a esta epidemia revelaron que no había evidencia contundente que sostuviera dicha acusación. Por desgracia el daño ya estaba hecho, ya que pobladores de comunidades cercanas a cuevas se encargaron de quemar y destruir una enorme cantidad de la población del murciélago.

## La ciencia también puede ayudar al control de los virus que vienen de los murciélagos

Como ya se mencionó, estudiar a los murciélagos y su forma de vida nos puede ayudar a controlar sus poblaciones. Por lo anterior, también es importante estudiar el tipo de microorganismos que los infectan. El estudio de las relaciones entre diferentes especies también nos puede ayudar a identificar qué animales pueden estar en riesgo de infectarse con el virus de los murciélagos.

Una vez que los virus y las especies que se pueden infectar con ellos se han identificado, es posible generar pruebas que nos ayuden a detectarlos entre las poblaciones, incluso antes de que causen enfermedades entre los animales. Estas pruebas se pueden adaptar para detectar a estos virus entre la población humana.



## Conclusiones

Es importante no satanizar a los murciélagos a pesar de compartirnos virus que pueden llegar a ser mortales para los humanos. El surgimiento de virus nuevos y su diseminación en otras especies incluidos los humanos, es una consecuencia natural de la evolución tanto de los virus como de los animales y tiene como finalidad la adaptación de todas las especies a nuevos ambientes. Lo que debemos hacer es seguir estudiando a los murciélagos, sus virus y tener en cuenta que gran parte del problema es que nosotros invadimos su hábitat y con muchas de nuestras acciones dañamos la salud del planeta en general.

## Referencias

- Andersen, K.G., Rambaut, A., Lipkin, W.I., Holmes, E.C., and Garry, R.F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nat. Med.* 26, 450–452. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>.
- Calistri, P., Decaro, N., Lorusso, A. (2021) SARS-CoV-2 Pandemic not the first, not the last. *Microorganisms*, 9, 433. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020433>.
- Gupta, P., Singh, M.P., Goyal, K., Tripti, P., Ansari, M.I., Obli Rajendran, V., Dhama, K., Malik, Y.S. (2021) Bats and viruses: a death-defying friendship. *Virus disease*, 32(3):467-479. doi: 10.1007/s13337-021-00716-0.
- Hayman, D.T. (2016) Bats as Viral Reservoirs. *Annu Rev Virol*, 29;3(1):77-99. doi: 10.1146/annu-rev-virology-110615-042203.

## Sobre los autores/as

**Dra. Elizabeth Ortega Soto.** Laboratorio de Virología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN). Email: eortegas@ipn.mx

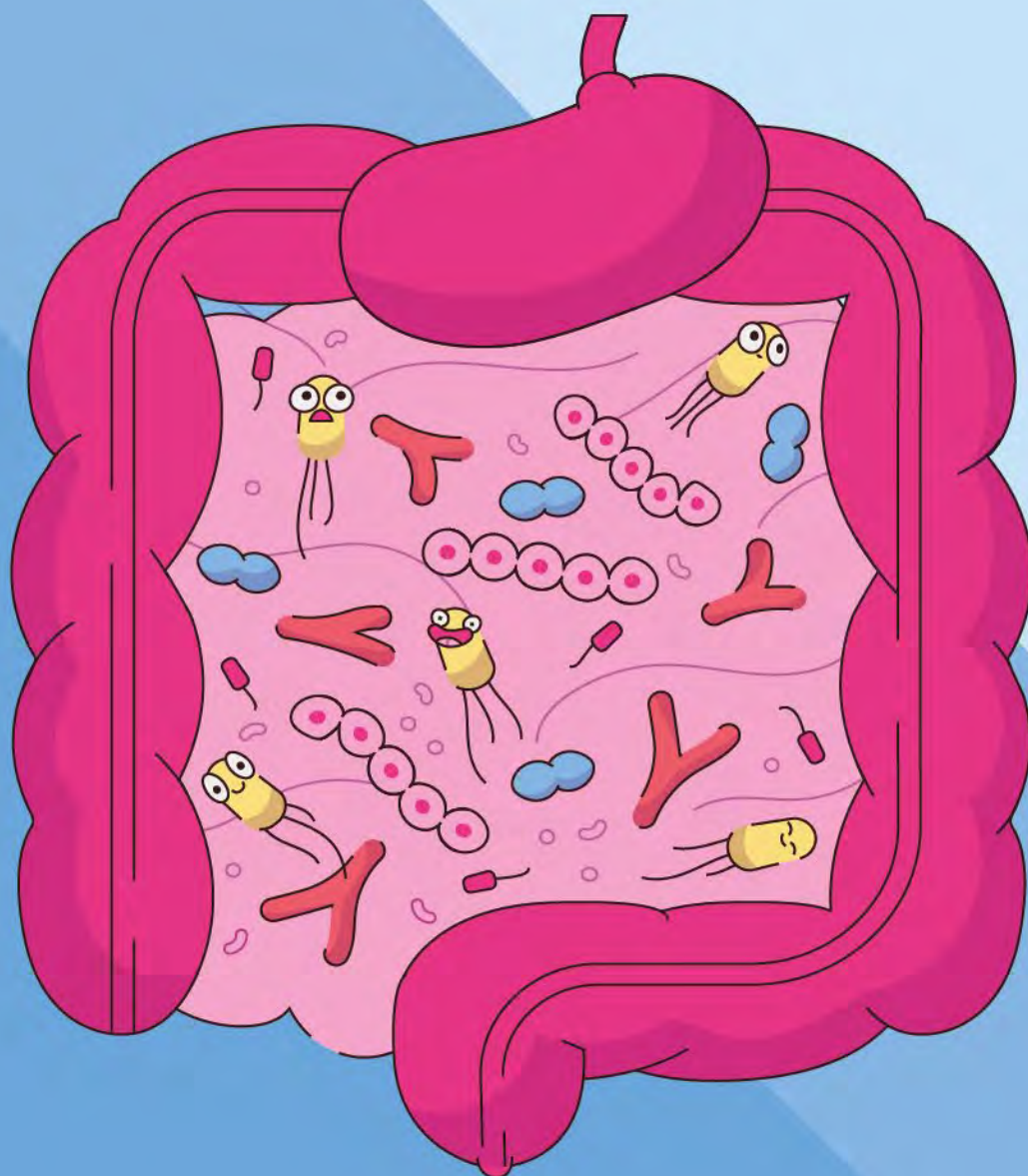
**José Luis Cuellar Camacho.** Investigador asociado, Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, México. Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Zacatecas

**Mario Chopin Doroteo.** Laboratorio de Tejido Conyuntivo del Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra.



# Microbiota intestinal: un aliado invisible contra el COVID-19

Ximena De La O Santos



## Resumen

La microbiota intestinal, conformada por billones de microorganismos que habitan en el aparato digestivo, desempeña un papel esencial en la digestión, la síntesis de nutrientes y, especialmente, en la regulación del sistema inmunológico. Durante la pandemia de COVID-19, diversos estudios han mostrado que el equilibrio de esta comunidad microbiana influye directamente en la respuesta del organismo frente al SARS-CoV-2. Un desbalance en la microbiota puede agravar la enfermedad al debilitar la barrera intestinal y facilitar la invasión de patógenos hacia otros órganos, incluidos los pulmones. Factores como la dieta, el consumo de medicamentos, el estrés y el estilo de vida son determinantes para mantener su estabilidad. Una alimentación rica en frutas, verduras, cereales integrales y probióticos favorece una microbiota diversa y protectora, mientras que el exceso de ultraprocesados y grasas saturadas la deteriora. Mantener hábitos saludables fortalece el “eje intestino-pulmón” y mejora la capacidad inmunitaria frente a infecciones virales como el COVID-19.

Existen comunidades de microorganismos que viven en simbiosis en distintas zonas del cuerpo humano, una de ellas se encuentra en el intestino y se denomina microbiota intestinal. El equilibrio, diversidad y bienestar de esta agrupación beneficia al ser humano en múltiples aspectos, entre ellos la respuesta inmunológica. Este trabajo se enfocará en la interacción entre la microbiota intestinal y su respuesta frente al patógeno

que causa la enfermedad de COVID-19, considerando factores como: la dieta, los medicamentos y el estrés relacionado con la más reciente pandemia.

## ¿Sabes qué es la microbiota intestinal?

El término “microflora” o “microbiota” hace referencia al conjunto de microorganismos vivos que habitan en diferentes zonas del cuerpo, como la piel y las vías respiratorias. El aparato digestivo del ser humano contiene una población amplia y diversa de microorganismos, los cuales se han adaptado a la vida en las superficies mucosas y a la luz del intestino desde tiempos remotos (Álvarez et al., 2021). Esta comunidad microbiana desempeña un papel importante en la salud y el bienestar, al participar en procesos vitales como la digestión, la síntesis de nutrientes esenciales y la regulación del sistema inmunológico.

Los microorganismos que conforman la microbiota intestinal contribuyen directamente a la digestión, absorción y nutrición. Ayudan en la producción de las vitaminas B y K y enzimas, e incluso pueden sintetizar aminoácidos esenciales a partir de nitrógeno inorgánico. En cuanto al metabolismo de las grasas, algunas bacterias son capaces de sintetizar ácidos grasos, contribuyendo al suministro de energía. Sin embargo, un exceso de estos microorganismos, pueden fomentar la obesidad (Leung, 2022).



Otra manera en que la microbiota intestinal influye en el cuerpo humano es en el sistema inmunitario y, por lo tanto, en el bienestar del individuo. La primera colonia de microorganismos en el intestino se genera al nacer o incluso antes del nacimiento. Con el paso de los años, a medida que el ser humano crece, la microbiota puede mejorar y adaptarse continuamente para fomentar una mejor capacidad de reacción contra patógenos invasores (Álvarez et al., 2021; Leung, 2022).

## Alteración de la microbiota intestinal y la enfermedad de COVID-19

Un agente patógeno es un microorganismo capaz de causar enfermedad en otro organismo mediante un proceso complejo en el que intervienen factores genéticos, ambientales e inmunológicos. Algunos de estos microorganismos son los virus, que pueden provocar infecciones cuyos síntomas no siempre son causados directamente por el virus, sino por la respuesta del sistema inmune. Entre ellos se encuentran fiebre, dolores de cabeza e incluso erupciones cutáneas, generados por la liberación de sustancias químicas como los interferones y las interleucinas, que combaten al virus (Cann, 2012).

Uno de los virus patógenos más conocidos por la reciente pandemia es el SARS-CoV-2, perteneciente a la familia de los coronavirus y responsable de la enfermedad COVID-19. Este padecimiento se caracteriza

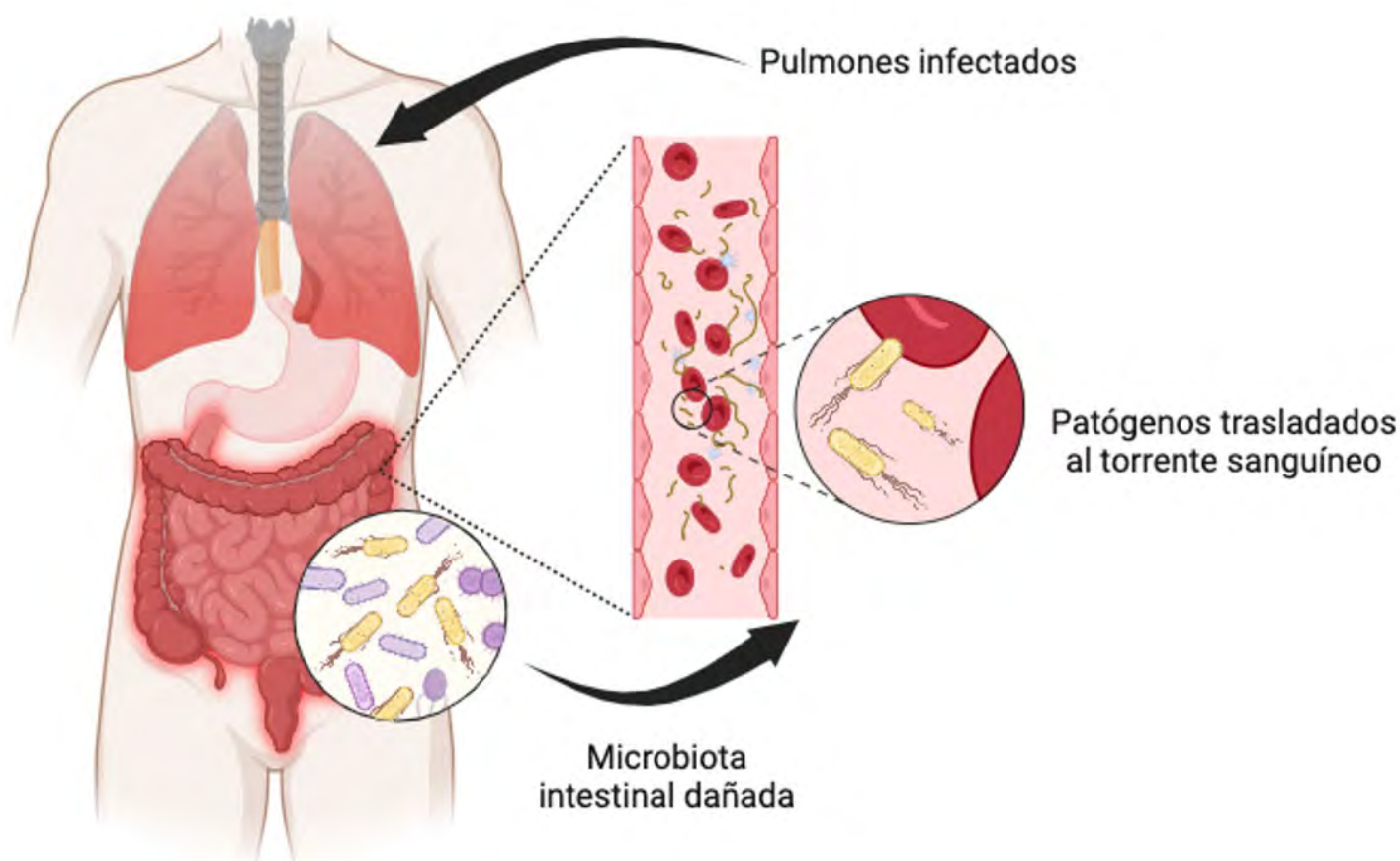
principalmente por fiebre, tos y dolor de cabeza, aunque con menor frecuencia se presentan síntomas gastrointestinales como dolor abdominal, náuseas, diarrea y vómitos (Kaźmierczak-Siedlecka et al., 2020).

Los pacientes con COVID-19 que presentan un desbalance en la microbiota intestinal tienen mayores probabilidades de desarrollar complicaciones graves, ya que esta comunidad microbiana participa en la respuesta inmunitaria frente al SARS-CoV-2. En condiciones normales, la barrera epitelial protege contra la invasión de microorganismos patógenos: Pero, cuando la barrera se daña, los microorganismos malignos pueden pasar al torrente sanguíneo o a los pulmones, provocando síntomas como fiebre, frecuencia cardíaca elevada, dificultad respiratoria, dolor corporal, baja oxigenación en el cuerpo o tos.

Se ha demostrado que el virus del SARS-CoV-2 puede infectar el tracto gastrointestinal, pues se ha detectado una alta carga de virus replicantes, principalmente en las células epiteliales del intestino (De Oliveira et al., 2021).

Además, se ha reportado que los metabolitos mediados por la microbiota intestinal, en especial los aminoácidos, los metabolitos del azúcar y los neurotransmisores, se asociaron con la respuesta inmune al COVID-19 (Nagata et al., 2023). Este estudio proporciona información sobre el desarrollo de la enfermedad en el llamado “eje intestino-pulmón”, que describe la relación bidireccional entre la mucosa respiratoria y la microbiota intestinal. A través de dicho eje se pueden presentar posibles complicaciones extrapulmonares (Figura 1).





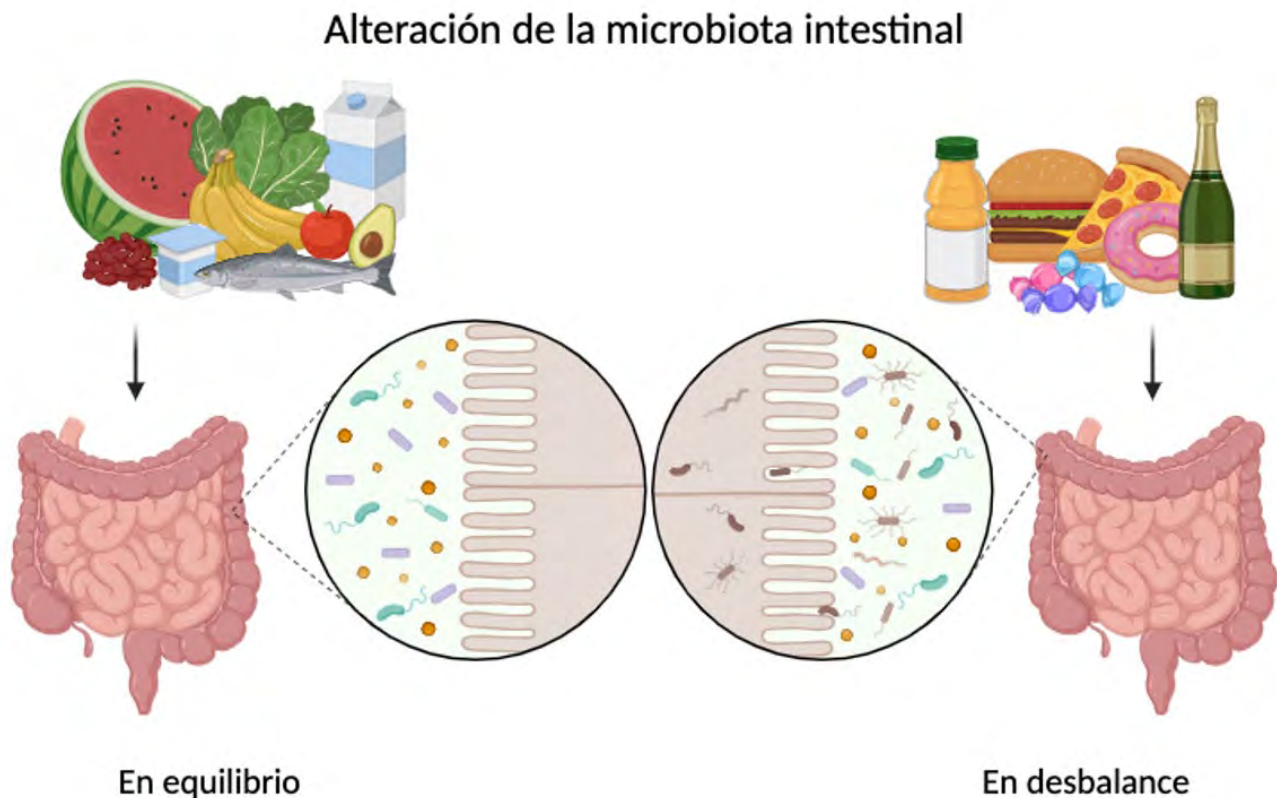
**Figura 1.** Representación de la infección por patógenos desde la microbiota intestinal hasta los pulmones mediante el torrente sanguíneo. Imágenes creadas con BioRender.com

La microbiota intestinal está en constante cambio, pues existen múltiples factores que influyen en su equilibrio y en la respuesta frente a patógenos como el SARS-CoV-2. Uno de los más importantes es la dieta. Una dieta rica en alimentos vegetales promueve la proliferación de microorganismos benéficos que generan una respuesta antiinflamatoria y favorecen una microbiota más diversa y equilibrada. Los cereales integrales, por ejemplo, son ricos en antioxidantes, y se ha demostrado que ayudan a la prevención de diversas enfermedades. Además, contienen compuestos que pueden reducir el riesgo de padecimientos crónicos como la diabetes, la obesidad y el cáncer (Rishi et al., 2020).

Los alimentos fermentados, como algunos productos lácteos y el yogurt, aportan probióticos que mejoran las condiciones inflamatorias y regulan la inmunidad innata (Dhar & Mohanty, 2020). Esto significa que su consumo favorece la respuesta inmune frente a infecciones como el COVID-19. Asimismo, la administración de probióticos y prebióticos orales tienen efectos positivos sobre la composición y diversidad microbiana intestinal, mejorando así la efectividad de la actividad antiviral. Los probióticos pueden consumirse en diferentes formas, como polvo, cápsulas o tabletas.

Por el contrario, dietas comunes en distintos países europeos y americanos caracterizadas por un consumo excesivo de alimentos procesados, pueden provocar un desbalance en la microbiota. Estos alimentos son ricos en grasas, azúcares y sal, aumentan la inflamación de las células epiteliales pulmonares. Esto no solo eleva el riesgo de obesidad y enfermedades cardiovasculares, sino que también agrava el COVID-19. De hecho, los casos graves y las defunciones se asociaron con personas que presentaban comorbilidades como obesidad, hipertensión, diabetes u otras enfermedades cardiovasculares (Rishi et al., 2020).

Una dieta rica en carnes rojas y grasas saturadas genera una respuesta proinflamatoria, lo que puede provocar complicaciones perjudiciales en pacientes infectados con COVID-19. Además, alimentos o bebidas como el gluten del trigo y el alcohol favorecen el crecimiento de microorganismos dañinos (Figura 2). La baja ingesta de frutas, verduras y leche fresca también afecta de manera negativa el balance de la microbiota intestinal (Rishi et al., 2020).



**Figura 2.** Comparación de los alimentos que favorecen el bienestar de la microbiota intestinal y los que causan inestabilidad. Imágenes creadas con BioRender.com

Otro factor que puede alterar la microbiota intestinal son los medicamentos, en particular, algunos empleados en la farmacoterapia contra el COVID-19. Por ejemplo, los antibióticos, ampliamente utilizados, pueden reducir la microbiota intestinal o provocar desequilibrio, lo que empeora la enfermedad.

El confinamiento también afectó el estilo de vida de la población, generando altos niveles de estrés. Este puede producir cambios en la microbiota intestinal, al reducir microorganismos benéficos como los lactobacilos y bacteroides (Molina-Torres et al., 2019). El estrés, junto con otros factores ambientales, influye en la composición del microbioma. Una manera de reducir el estrés es realizar ejercicio físico de manera regular.

El ejercicio es fundamental para mantener una vida saludable. No solo mejora la condición física, sino que beneficia directamente a la microbiota intestinal al reducir la inflamación, mejorar la permeabilidad intestinal y estimular la producción de los metabolitos benéficos producidos en el tracto gastrointestinal (Clauss et al., 2021). A esto se suma el efecto de una dieta balanceada, que mejora la salud mental y emocional, favorece un mejor estado de ánimo y disminuye el riesgo de enfermedades crónicas. Por ello, es importante tomar decisiones sobre la alimentación priorizando alimentos saludables y frescos, minimizando el consumo de alimentos chatarra con un alto contenido de grasas saturadas y bebidas azucaradas.

## Conclusión

En este trabajo, se abordó la relación entre las alteraciones de la microbiota intestinal y el COVID-19. Se destacó la importancia mantener un equilibrio microbiota intestinal para garantizar una respuesta inmune adecuada frente a distintas enfermedad. Es claro que consumir alimentos nutritivos y variados, acompañados de prebióticos y probióticos, practicar ejercicio moderado y reducir el estrés, proporciona a la microbiota intestinal las condiciones necesarias para funcionar de manera óptima y fortalecer el sistema inmunológico.

## Referencias

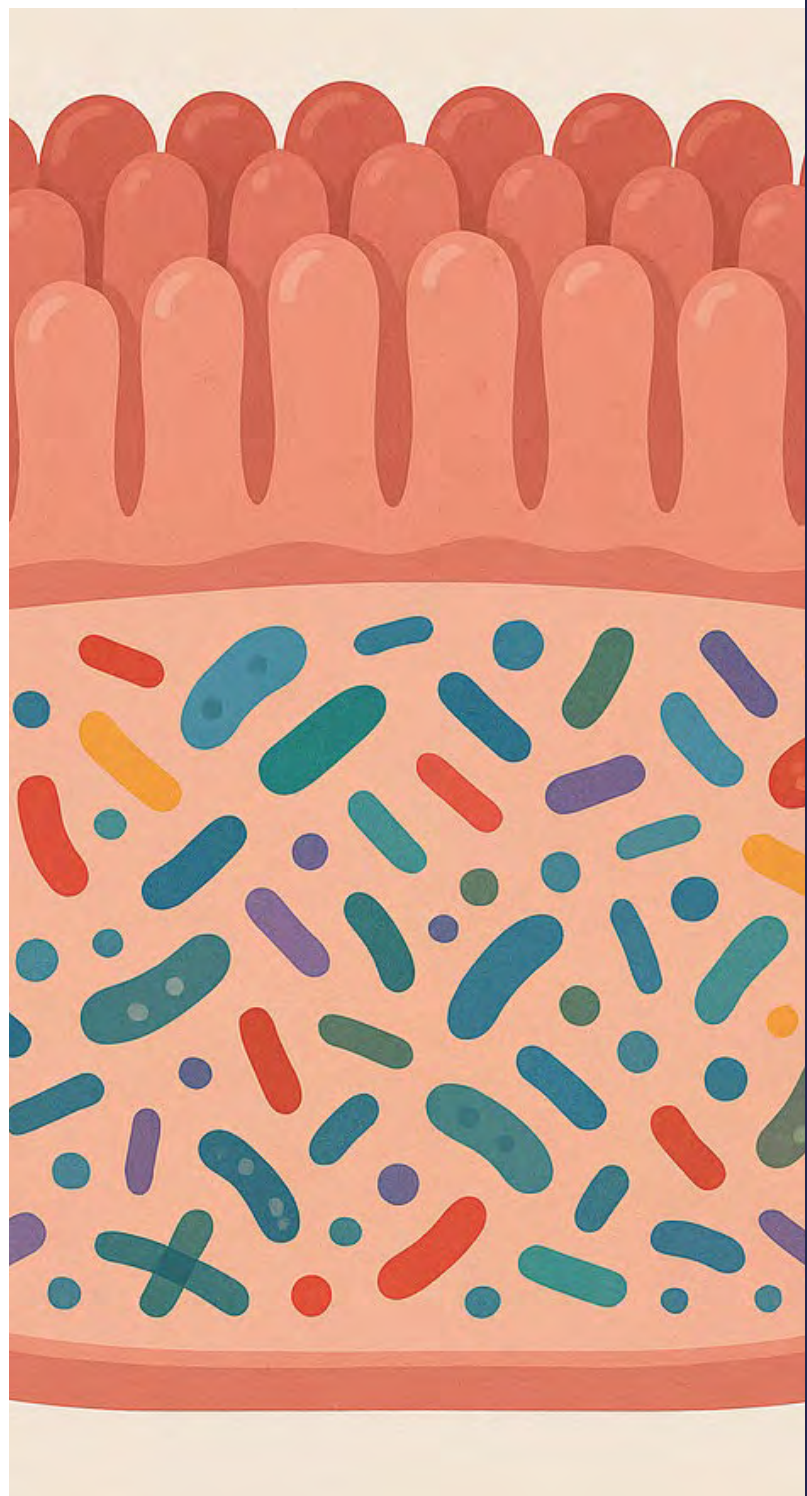
- Álvarez, J., Fernández Real, J. M., Guarnier, F., Gueimonde, M., Rodríguez, J. M., Saenz De Pipaon, M., & Sanz, Y. (2021). Microbiota intestinal y salud. *Gastroenterología y Hepatología*, 44(7), 519-535. <https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2021.01.009>
- Cann, A. J. (2012). Pathogenesis. En *Principles of Molecular Virology* (pp. 215-253). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384939-7.10007-9>
- Clauss, M., Gérard, P., Mosca, A., & Leclerc, M. (2021). Interplay Between Exercise and Gut Microbiome in the Context of Human Health and Performance. *Frontiers in Nutrition*, 8, 637010. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.637010>
- De Oliveira, G. L. V., Oliveira, C. N. S., Pinzan, C. F., De Salis, L. V. V., & Cardoso, C. R. D. B. (2021). Microbiota Modulation of the Gut-Lung Axis in COVID-19. *Frontiers in Immunology*, 12, 635471. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.635471>



- Dhar, D., & Mohanty, A. (2020). Gut microbiota and Covid-19- possible link and implications. *Virus Research*, 285, 198018. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198018>
- Kaźmierczak-Siedlecka, K., Vitale, E., & Makarewicz, W. (2020). COVID-19 – gastrointestinal and gut microbiota-related aspects. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 24(20), 10853-10859. [https://doi.org/10.26355/eurrev\\_202010\\_23448](https://doi.org/10.26355/eurrev_202010_23448)
- Leung, J. S. M. (2022). Interaction between gut microbiota and COVID-19 and its vaccines. *World Journal of Gastroenterology*, 28(40), 5801-5806. <https://doi.org/10.3748/wjg.v28.i40.5801>
- Molina-Torres, G., Rodriguez-Arrastia, M., Roman, P., Sanchez-Labraca, N., & Cardona, D. (2019). Stress and the gut microbiota-brain axis. *Behavioural Pharmacology*, 30(2 and 3), 187-200. <https://doi.org/10.1097/FBP.0000000000000478>
- Nagata, N., Takeuchi, T., Masuoka, H., Aoki, R., Ishikane, M., Iwamoto, N., Sugiyama, M., Suda, W., Nakanishi, Y., Terada-Hirashima, J., Kimura, M., Nishijima, T., Inooka, H., Miyoshi-Akiyama, T., Kojima, Y., Shimokawa, C., Hisaeda, H., Zhang, F., Yeoh, Y. K., ... Ohno, H. (2023). Human Gut Microbiota and Its Metabolites Impact Immune Responses in COVID-19 and Its Complications. *Gastroenterology*, 164(2), 272-288. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2022.09.024>
- Rishi, P., Thakur, K., Vij, S., Rishi, L., Singh, A., Kaur, I. P., Patel, S. K. S., Lee, J.-K., & Kalia, V. C. (2020). Diet, Gut Microbiota and COVID-19. *Indian Journal of Microbiology*, 60(4), 420-429. <https://doi.org/10.1007/s12088-020-00908-0>
- 

### Sobre la autora

**Lic. Ximena De La O Santos.** Estudiante de maestría de tiempo completo, cuya línea de investigación son los polimorfismos relacionados con pacientes que padecen trastornos relacionados con el ácido gástrico. Instituto de investigaciones médico-biológicas, Universidad Veracruzana. Email: [lic.ximenadelao@gmail.com](mailto:lic.ximenadelao@gmail.com)





# ¿Resistencia a la insulina?

Sí, suena complicado... pero te lo explicamos fácil

Tamara I. Rosas-Medina  
Santiago C. Sigríst-Flores  
Itzell A. Gallardo-Ortíz  
Jessica E. Rodríguez



## Resumen

La resistencia a la insulina es un problema de salud cada vez más común y muchas personas la padecen sin saberlo. La insulina es una hormona producida por el páncreas que actúa como una “llave” para que la glucosa entre a las células y se convierta en energía. Cuando las células dejan de responder bien, la glucosa se acumula en la sangre y el páncreas produce más insulina, lo que a la larga lo desgasta y aumenta el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, obesidad, hipertensión y enfermedades del corazón. Existen señales de alerta como exceso de grasa abdominal, manchas oscuras en la piel (acantosis nigricans), alteraciones menstruales o glucosa elevada en análisis de sangre. Detectar la resistencia a tiempo es clave para prevenir complicaciones. La buena noticia es que se puede evitar o revertir con cambios sencillos en el estilo de vida: una alimentación saludable, actividad física regular, buen descanso y chequeos médicos oportunos.

-----

**¿Alguna vez has escuchado sobre la resistencia a la insulina?** ¿Te suena a clase de química o es algo que solo les pasa a otras personas? Pues no, es un tema más cercano de lo que imaginas. La resistencia a la insulina es un problema de salud bastante común que afecta a muchísimas personas hoy en día... y lo peor, es que la mayoría ni siquiera saben que la tienen. Lo bueno es que no necesitas una fórmula mágica ni una dieta rara para prevenirla, basta con hacer algunos ajustes en lo que comemos y en cómo

nos movemos cada día para reducir el riesgo de desarrollarla (American Diabetes Association, 2024). ¡Así de sencillo!

Seguramente conoces a alguien que vive con diabetes. Sí, esa condición que muchos llaman simplemente “*el azúcar alta*”. Pues bien, la diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el cuerpo deja de producir suficiente insulina o no la usa correctamente (American Diabetes Association, 2024). ¿Y sabes qué suele estar detrás de todo esto? Exacto: la resistencia a la insulina.

## ¿Qué es la insulina y por qué tanto alboroto con ella?

Antes de hablar de la resistencia, empecemos por conocer a la protagonista de esta historia: la insulina, que es como una “llave”. Su trabajo es ayudar a que la glucosa (el azúcar de los alimentos) pueda entrar en las células del cuerpo. Esta hormona es producida por unas células muy dedicadas que viven en tu páncreas, y su misión es mantener en orden los niveles de glucosa en tu sangre. ¿Cómo lo hace? Facilitando que esa glucosa entre a los músculos y se almacene en el hígado, en forma de glucógeno (Satoh, 2014), esta es una molécula grande, como si tuviéramos una especie de reserva energética hecha de cadenas de glucosa, tal como una pila recargable. Y aquí viene la analogía estrella: la insulina funciona como una llave. Su trabajo es abrir la puerta de las células para que la glucosa pueda entrar y ser usada como energía.

Pero ¿qué pasa cuando la llave no encaja o las puertas se traban? ahí empiezan los problemas. En la diabetes tipo 1, el cuerpo no produce insulina; es decir, no hay llaves. Las puertas de las células están ahí, pero no hay manera de abrirlas.

En cambio, en la diabetes tipo 2, la insulina sí está presente (hay llaves), pero las cerraduras de las puertas de las células no encajan. Es como si las puertas estuvieran oxidadas o bloqueadas, y la glucosa se queda dando vueltas alrededor de ellas sin poder entrar, acumulándose en la sangre (DeFronzo, 2004). ¿El resultado? Un descontrol en los niveles de glucosa que puede traer consigo una serie de complicaciones si no se manejan a tiempo.

## Y entonces... ¿Qué rayos es la resistencia a la insulina?

Volvemos con la analogía, imagina que tienes la llave (la insulina), pero de pronto las cerraduras de las puertas de las células se traban impidiéndole el paso a la glucosa. Eso es, en pocas palabras, la resistencia a la insulina: una condición en la que las células dejan de responder bien a la insulina, lo que altera el equilibrio del metabolismo y complica la entrada de glucosa a su destino correcto.

*¿Y qué hace el cuerpo cuando se da cuenta de que las puertas no se abren?* Pues el páncreas se pone las pilas y empieza a producir más insulina, tratando de forzar la entrada como si trajera un manojo de llaves extra. Esto provoca lo que se llama hiperinsulinis-

mo, que no es otra cosa que un exceso de insulina circulando en la sangre (Pollak, 2016). Pero ojo: aunque parezca que más insulina debería ayudar, este esfuerzo extra termina agotando al páncreas y empeorando el problema. Un estudio reciente mostró que 8 de cada 10 personas con obesidad o sobrepeso en México podrían tener resistencia a la insulina (SWI swissinfo.ch, n.d.). Y, esto eleva el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, síndrome metabólico y enfermedades del corazón —que, por cierto, son la causa número uno de muerte en nuestro país (INEGI, 2024)

Así que sí... más vale empezar a movernos y cambiar el menú antes de que el cuerpo comience a trabar puertas.

## ¿Cómo saber si tengo resistencia a la insulina? Tu cuerpo podría estar pidiendo ayuda

Ya entendimos qué es la resistencia a la insulina, pero... ¿cómo saber si la estás desarrollando? A veces el cuerpo te manda señales, otras veces hay que hacer exámenes de laboratorio, y en muchos casos, lo ideal es combinar ambas cosas. Cuando algo no anda bien con la insulina, el cuerpo no se queda callado. Empieza a lanzar pequeñas alarmas que vale la pena conocer y atender a tiempo. Aquí te dejamos una guía rápida de señales que podrías notar en el espejo, en tus análisis de sangre... o hasta en tus jeans.

1. **Cintura rebelde.** Si el metro marca más de 90 cm de cintura en hombres o más de 80 cm en mujeres, esa pancita puede estar diciéndote algo más que “deberías hacer ejercicio”. El exceso de grasa abdominal está fuertemente asociado a la resistencia a la insulina (Westphal, 2008).
2. **Manchas sospechosas en la piel.** Zonas oscuras, gruesas y con textura aterciopelada en el cuello, axilas, ingle o bajo el busto pueden ser acantosis nigricans. No es solo estética, es una señal de que la insulina podría estar batallando (Leung et al., 2022).
3. **Encías con volumen extra.** ¿Te han notado un crecimiento raro en las encías? Aunque suene sacado de un episodio de “Dr. House”, algo llamado eritroplasia hiperplásica gingival puede aparecer y estar relacionado con desajustes hormonales, como en la resistencia a la insulina (Messer et al., 2019).
4. **Azúcar elevada** (aunque no seas fan del pastel). La glucosa en ayunas ideal está entre 70 y 99 mg/dL. Si se mueve entre 100 y 125 mg/dL, estás en terreno de prediabetes. Checarte con un análisis de sangre puede darte esa valiosa pista que no se ve a simple vista (American Diabetes Association, 2024).
5. **Ciclos menstruales irregulares.** En mujeres, la resistencia a la insulina puede ir de la mano con el síndrome

de ovario poliquístico (SOP), que altera los periodos menstruales y puede afectar la fertilidad. Si tus ciclos son un caos, no lo ignores (Zeng et al., 2020).

6. **El colesterol “bueno” está de vacaciones.** El famoso colesterol HDL es el amigo que quieres tener alto. Si en tus estudios aparece por debajo de 40 mg/dL (hombres) o 50 mg/dL (mujeres), podría ser otra señal de que tu metabolismo necesita un ajuste (Carrasco et al., 2013; Flores Garcia, 2020).

¿Ves? No necesitas ser médico para entender lo que el cuerpo trata de decirte. Escúchalo, obsérvalo y, si notas varias de estas señales, ¡No dudes en consultar con tu doctor de confianza!

## ¿Cómo se genera la resistencia a la insulina? ¡Hora de abrir la caja negra del metabolismo!

Ahora que ya sabemos qué es la insulina y cómo debería funcionar, vamos a meternos un poco más en los engranes internos de este proceso para entender por qué a veces las cosas no salen como deberían. En condiciones normales, la insulina se une a unos receptores, que son como cerraduras especiales en la superficie de las células y eso activa una especie de cadena de señales dentro de ellas, similar a un efecto dominó (Meyts,



2016). Esa señalización le dice a una proteína llamada GLUT4 que es hora de moverse hacia la superficie y actuar como una puerta corrediza para que la glucosa entre. Pero... Cuando aparece la resistencia a la insulina, esa cadena se rompe. ¿Por qué? Bueno, hay varios saboteadores en escena, y casi todos tienen un mismo origen: el exceso de grasa en el cuerpo.

Los 4 saboteadores del buen funcionamiento de la insulina:

1. **Sobrecarga de grasa en las células:** Cuando el cuerpo acumula más grasa de la que puede manejar, especialmente en la zona abdominal, las células de tejido graso empiezan a liberar sustancias como ácidos grasos libres que interfieren con la señal de la insulina. Y para colmo, esas grasas viajan a otros órganos como el hígado y los músculos... ¡cómo si no tuvieran suficiente con sus propios líos! (Hotamisligil, 2006).
2. **Fallo en la cadena de señales internas:** Aunque la insulina se una a su receptor, el mensaje se distorsiona dentro de la célula, y no se activa correctamente la maquinaria que permitiría abrir el paso a la glucosa.
3. **Inflamación y estrés en modo crónico:** El exceso de grasa también trae consigo inflamación. Células del sistema inmune se cuelan al tejido adiposo y liberan unas sustancias llamadas citocinas (como TNF- $\alpha$  e IL-6) que agravan el caos interno, apagan-

do aún más la señal de la insulina (Ahmed et al., 2021).

4. **Las puertas no se abren:** Con tanto sabotaje, las puertas GLUT4 se quedan cerradas. Y si la glucosa no puede entrar, se queda flotando en la sangre... lo que lleva a niveles elevados de azúcar (Li et al., 2022). Y eso, lo sabemos, no es buena señal.

## ¿Y todo esto en qué puede terminar?

La resistencia a la insulina no es solo un dato curioso de laboratorio ni una palabra complicada que se menciona en los congresos médicos. Si no se detecta y trata a tiempo, puede abrirle la puerta a una serie de enfermedades que, créeme, no querrás invitar a tu vida.

Aquí te va la lista de “invitados no deseados” que pueden llegar con ella:

- **Diabetes tipo 2:** Cuando el azúcar en sangre se mantiene alta por mucho tiempo, el páncreas se agota... y ahí es donde comienza esta enfermedad crónica.
- **Obesidad y sobrepeso:** La resistencia a la insulina y el aumento de peso se alimentan mutuamente, en un círculo vicioso que no se rompe solo.
- **Hipertensión arterial:** Sí, la presión alta también puede estar relacionada. Es como si el sistema cardiovascular dijera: “¡esto es demasiado!”

- **Problemas en los ojos (retinopatía):** El exceso de glucosa daña los vasos sanguíneos del ojo, y en casos graves, puede causar pérdida de visión.
- **Daño a los riñones (nefropatía):** Tus riñones se esfuerzan por filtrar la sangre... pero con niveles altos de glucosa, este trabajo se vuelve más complicado (y riesgoso).
- **Daño a los nervios (neuropatía):** Cuando la circulación se afecta, los nervios también lo sienten. Puede empezar con hormigueos o entumecimiento y, en casos graves, terminar en amputaciones.

Y sí... Las enfermedades del corazón, las enfermedades cardiovasculares son la primera causa de muerte en muchos países, y la resistencia a la insulina es un factor de riesgo importante (Kahn & Flier, 2000).

¿Quién diría que una hormona tan pequeña como la insulina puede tener tanto impacto? Pero no todo son malas noticias: detectar la resistencia a tiempo y hacer cambios en el estilo de vida puede frenar este tren antes de que descarrile.

## **En resumen: tu metabolismo te está hablando... ¡Escúchalo!**

Ahora ya sabes que la resistencia a la insulina no es un villano de película, sino un enemigo silencioso que puede meterse en tu vida sin que te des cuenta. Lo bueno es que no necesitas superpoderes ni tratamientos de otro planeta para prevenirla. Bastan pequeños, pero constantes cambios en tu alimentación, moverte más, dormir mejor y aprender a escuchar esas señales que el cuerpo te manda (sí, incluso esa pancita necia que no se quiere ir).

Recuerda que tu cuerpo es una máquina increíble, y la insulina es una de sus herramientas más finas. Si algo empieza a fallar, se nota... pero si actúas a tiempo, también puedes ayudar a que todo vuelva a fluir como debe.

Y no, no existe "Diabetes de la mala". Lo que existe es la falta de información, la desatención y el miedo a preguntar. La ciencia está para explicarnos, no para asustarnos. Así que ahora que conoces mejor este tema, ¡compártelo! Porque hablar de salud también es una forma de cuidarnos entre todos.

**Cuida tu cuerpo, dale lo que necesita... y tus células te lo van a agradecer ¡con las puertas bien abiertas para la glucosa!**



## Tips para mantener a la Insulina feliz (y a ti también)

### Come real, No procesado

Llena tu plato de colores: Verduras, Frutas, Leguminosas, Cereales integrales y proteínas de calidad.

Los alimentos Ultraprocesados son como trolls para tu metabolismo... ¡evítalos cuando puedas!.



### Muévete Más(Sin sufrir)

No necesitas entrenar como Atleta Olímpico. Caminar, Bailar, Subir escaleras o jugar con tus hijos también cuenta.



### Duerme y Relájate

El Estrés crónico y Dormir mal pueden alterar tu metabolismo. Regálate Noches completas de descanso y momentos al día para Relajarte.



### Chécate sin Miedo

Un Análisis de sangre, una medición de rutina,  
Una visita al Médico.  
No Esperes a sentirte mal para actuar.



**“La Prevención es tu mejor Escudo”.**



# Y AHORA LO PREOCUPANTE: LA RESISTENCIA A LA INSULINA NO LLEGA SOLA

---

## OBESIDAD ABDOMINAL

si, esa pancita  
que se acumula  
justo donde no  
queremos)



## SEDENTARISMO

pasar muchas horas  
viendo el cel,  
maratoneando series  
o jugando sin moverse

## DIETAS POCO SALUDABLES

si, lo siento, pero las papitas, refrescos  
y comida ultra procesada no ayudan en nada





## Referencias

- Ahmed, B., Sultana, R., & Greene, M. W. (2021). Adipose tissue and insulin resistance in obese. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 137, 111315. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111315>
- American Diabetes Association. (2024). 3. Prevention or Delay of Diabetes and Associated Comorbidities: Standards of Care in Diabetes—2024. *Diabetes Care*, 47, S43–S51. <https://doi.org/10.2337/DC24-S003>
- Carrasco, F. N., José Eduardo Galgani, F., & Marcela Reyes, J. (2013). Síndrome de resistencia a la insulina. estudio y manejo. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 24(5), 827–837. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(13\)70230-X](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(13)70230-X)
- DeFronzo, R. A. (2004). Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Medical Clinics of North America*, 88(4), 787–835. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2004.04.013>
- Flores Garcia, D. M. (2020). Resistencia a la insulina. Estudio, diagnóstico y tratamiento. *RECIMUNDO*, 4(4), 488–494. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).noviembre.2020.488-494](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).noviembre.2020.488-494)
- Hotamisligil, G. S. (2006). Inflammation and metabolic disorders. *Nature*, 444(7121), 860–867. <https://doi.org/10.1038/NATURE05485;KWR-D=SCIENCE>
- INEGI. (2024, November 8). Estadísticas de defunciones registradas (EDR) 2023/. [https://www.Inegi.Org.Mx/Contenidos/Saladeprensa/Boletines/2024/EDR/EDR2023\\_Dtivas.Pdf](https://www.Inegi.Org.Mx/Contenidos/Saladeprensa/Boletines/2024/EDR/EDR2023_Dtivas.Pdf)
- Kahn, B. B., & Flier, J. S. (2000). Obesity and insulin resistance. *Journal of Clinical Investigation*, 106(4), 473–481. <https://doi.org/10.1172/JCI10842>
- Leung, A. K. C., Lam, J. M., Barankin, B., Leong, K. F., & Hon, K. L. (2022). Acanthosis Nigricans: An Updated Review. *Current Pediatric Reviews*, 19(1), 68–82. <https://doi.org/10.2174/1573396318666220429085231>
- Li, M., Chi, X., Wang, Y., Setrerrahmane, S., Xie, W., & Xu, H. (2022). Trends in insulin resistance: insights into mechanisms and therapeutic strategy. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1), 216. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01073-0>
- Messer, J. G., La, S., Kipp, D. E., Castillo, E. J., Yarrow, J. F., Jorgensen, M., Wnek, R. D., Kimmel, D. B., & Aguirre, J. I. (2019). Diet-induced Generalized Periodontitis in Lewis Rats. *Comparative Medicine*, 69(5), 384–400. <https://doi.org/10.30802/AALAS-CM-18-000113>
- Meyts, P. De. (2016). The Insulin Receptor and Its Signal Transduction Network. *Endotext*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK378978/>
- Pollak C., F. (2016). Resistencia a la insulina: verdades y controversias. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(2), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.04.006>
- Satoh, T. (2014). Molecular Mechanisms for the Regulation of Insulin-Stimulated Glucose Uptake by Small Guanosine Triphosphatases in Skeletal Muscle and Adipocytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(10), 18677–18692. <https://doi.org/10.3390/ijms151018677>
- SWI swissinfo.ch. (n.d.). Al menos 8 de cada 10 mexicanos con obesidad tienen resistencia a la insulina - SWI swissinfo.ch. Retrieved June 24, 2025, from <https://www.swissinfo.ch/spa/al-menos-8-de-cada-10-mexicanos-con-obesidad-tienen-resistencia-a-la-insulina/80385696>
- Westphal, S. A. (2008). Obesity, Abdominal Obesity, and Insulin Resistance. *Clinical Cornerstone*, 9(1), 23–31. [https://doi.org/10.1016/S1098-3597\(08\)60025-3](https://doi.org/10.1016/S1098-3597(08)60025-3)
- Zeng, X., Xie, Y. jie, Liu, Y. ting, Long, S. lian, & Mo, Z. cheng. (2020). Polycystic ovarian syndrome: Correlation between hyperandrogenism, insulin resistance and obesity. *Clinica Chimica Acta*, 502, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.11.003>

## Sobre los autores/as

**Q.F.B. Tamara Itzel Rosas Medina.** Pasante de la carrera de Química Farmacéutico-Biológica por la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Actualmente se encuentra en formación profesional en el área de regulación sanitaria y farmacovigilancia, con el objetivo de contribuir a que los medicamentos sean seguros y eficaces. Su interés por la divulgación científica la llevó a desarrollar un artículo sobre la resistencia a la insulina y sus implicaciones clínicas, con el propósito de sensibilizar a la población sobre los riesgos asociados a enfermedades metabólicas y el uso racional de medicamentos. E-mail: rosasitzelm@gmail.com

**Dr. Santiago Cristobal Sigrist Flores.** Técnico académico de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Maestría y Doctorado en Biología experimental. Su línea de investigación principal se centra en el Inmunometabolismo, explorando las interacciones entre ambos sistemas y su relación con el síndrome metabólico, obesidad y diabetes tipo 2. Ha realizado estudios de nutrigenómica con *Drosophila melanogaster*, contribuyendo con valiosas perspectivas en la interacción entre alimentación, salud y enfermedad, y el papel de la nutrigenómica en la comprensión de cómo los nutrientes afectan la expresión genética y la respuesta metabólica, su trabajo ha sido publicado en revistas internacionales con factor de impacto. E-mail: santiago\_sigrist@iztacala.unam.mx

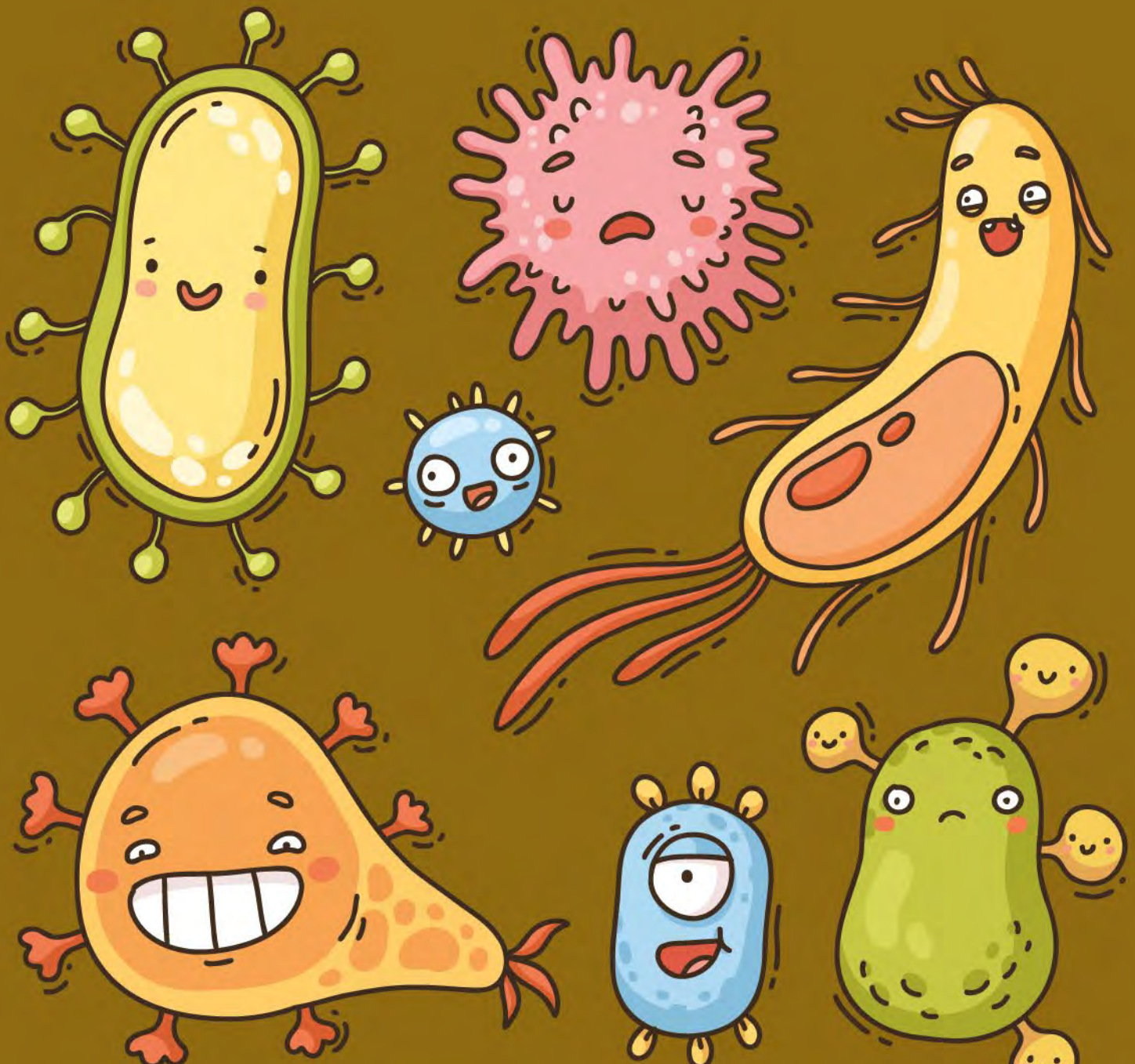
**Dra. Itzell Alejandrina Gallardo Ortíz.** Profesora de Carrera Titular de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, M. en C. en Farmacología y Doctora en Ciencias en Investigación en Medicina. Líneas de investigación: Participación de receptores alfa-adrenérgicos y Sistema Renina-Angiotensina (SRA) en el desarrollo de la hipertensión arterial, hipertrofia vascular y cardíaca, envejecimiento y alteraciones metabólicas. Participación del SRA en alteraciones psiquiátricas. Evaluación de síndrome metabólico en estudiantes universitarios. Investigadora Nacional nivel 2 (SNI 2). Su trabajo ha sido publicado en revistas internacionales con factor de impacto. E-mail: igallardo@comunidad.unam.mx

**Dra. Jessica Edith Rodríguez Rodríguez.** Profesora de asignatura de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Maestra en Farmacología y Doctora en Investigación en Medicina con especialidad de Farmacología Cardiovascular, con 2 estancias posdoctorales, una en la FES Iztacala y otra en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Investigadora Nacional nivel I (SNI I). Realiza investigación enfocada en el estudio de las causas que generan la hipertensión y la insuficiencia cardíaca en modelos animales, para contribuir con el diseño y desarrollo de algunos fármacos para el tratamiento de estas enfermedades, su trabajo ha sido publicado en revistas internacionales con factor de impacto. E-mail: jessica.rodriguez@zaragoza.unam.mx

# Con las manos en la caca: las apestosas aventuras de tu biólogo de confianza

María Fernanda Revueltas Guillen

María Giovana Anaya Padrón





## Resumen

Este artículo explora, con un tono cercano y humorístico, la labor poco conocida pero esencial de los mastozoólogos, biólogos dedicados al estudio de los mamíferos. Aunque suele imaginarse su trabajo como glamoroso y de contacto directo con especies carismáticas, gran parte de su investigación se basa en el análisis de excretas. A través del seguimiento de rastros fecales, los investigadores pueden obtener información genética, dietética y ecológica sin perturbar a los animales. Este método no invasivo permite conocer la distribución, estructura poblacional y conectividad entre grupos de fauna silvestre, elementos clave para su conservación. El proceso incluye la recolección cuidadosa de muestras en campo, el registro preciso de datos geográficos y el análisis en laboratorio para extraer ADN. Pese a lo escatológico del procedimiento, los datos obtenidos son de gran valor científico. El texto destaca la pasión de quienes se dedican a esta rama de la biología y reivindica su importante, aunque poco visible, labor.

*Todas las profesiones tienen sus secretos, unas menos asquerosas que otras, afortunadamente. En este texto pretendo develar información poco conocida sobre cómo se realiza gran parte de los estudios con mamíferos.*

## Para comenzar...

Quiero hacerle una advertencia al lector, pues probablemente se vaya a encontrar con un texto algo romantizado del estudio de la biología y es que no hay nada peor que un biólogo hablando de estos temas. Lamentablemente nuestra única defensa es que cuando algo realmente te apasiona es difícil ver las cosas de manera no romántica. Quizás sea esta percepción distorsionada de la realidad la que nos lleva a realizar las acciones que en este texto se describen, sin rechistar ni fruncir el ceño.

Al entrar a la carrera de biología, en casi todas las escuelas intentan darte una probadita de la basta diversidad que podemos encontrar en nuestro planeta. Por ello, cuando llega el momento de colocarse el sombrero seleccionador y decidir con qué especie, grupo o proceso biológico quieres trabajar el resto de tu vida (o para cumplir el requisito de la titulación), se muestra ante ti un abanico de posibilidades, cada una con su carga particular conocida o no. Dependerá de la honestidad de tu asesor, si eso te lo hace saber antes de que comprometas tu alma firmando los papeles burocráticos correspondientes o una vez iniciados los trámites, y quizá esa dulce abuelita se convertirá en el lobo feroz.

No se puede negar que todas las ramas de la biología tienen su punto fascinante, pero quizás unas son más atractivas que otras, aunque solo sea en el consciente co-



lectivo. Tal vez en la opinión de la mayoría, la mastozoología<sup>1</sup> es de los mejores ejemplos de este fenómeno. Todo estudiante que entró a la carrera por ver documentales de National Geographic seguro tiene toda la intención de salvar a los jaguares de su extinción, y aunque esto pueda llegar a suceder (aquí no venimos a desanimar a nadie), quizás la idea de que en 5to semestre de la carrera ya van a estar alimentando crías de jaguar (*Panthera onca*) en la sierra de Querétaro puede ser algo errónea. En realidad, la labor de los mastozoólogos es mucho más extensa y muchas veces menos glamorosa.

Lamentablemente debo confesar que esta clase de biólogos muchas veces pasa más tiempo en el laboratorio analizando muestras, que corriendo detrás de coatis (*Nasua narica*) en las selvas bajas de Chiapas. Y es en este análisis de "las muestras" donde se esconde el secreto mejor guardado de los apasionados por los grandes mamíferos. En realidad, por mucho que ellos digan lo contrario, estos biólogos son seres humanos comunes y corrientes, que no tienen el olfato de un lobo mexicano o la visión de un águila real que les permita encontrar de manera natural a su presa. En realidad, deben desarrollar una serie de estrategias que les permitan seguirles la pista a estos grupos de animales, que aparte de ser preciosos, también se caracterizan por tener una gran capacidad para ocultarse en el paisaje.

## Los desechos de unos, el tesoro de otros...

Dentro de esos procedimientos está el seguimiento de rastros, que son aquellas "pistas" que te pueden indicar por dónde se andan paseando y que andan haciendo estos animales. De los rastros más fáciles de identificar y coleccionar son las excretas. Sí, así como se lee, aquellos biólogos apasionados por los animales con pelo y sumamente carismáticos pasan más de la mitad de su tiempo recogiendo y analizando cacas. Pero fuera de algún fetiche escatológico, debo nuevamente defender a este grupo de biólogos (que solo quieren realizar su trabajo sin los prejuicios del lector) mencionando que estos análisis, aunque algo asquerosos, son una fuente inagotable de información muy útil a la hora de intentar conservar una especie.

Con estas no tan agradables técnicas se puede conocer mucha información de estos organismos en cuestión, tanto a nivel de ecosistema, población o individuo. Esto gracias a que se puede extraer ADN<sup>2</sup> de las células epiteliales del intestino que son arrastradas por el bolo alimenticio. Este es un método de monitoreo de fauna silvestre indirecto, lo que significa que no se necesita manipular al animal, lo que es una gran ventaja para ellos, pues no son molestados por las manos humanas, y a los biólogos les permite generar una mayor colecta de datos.

Pero vayamos por partes, a nivel de ecosistema estas muestras pueden darnos una idea de cuáles y cuántos mamíferos están habitando ese espacio, ya que, para el mastozoólogo entrenado, las excretas se pueden diferenciar visualmente por forma, tamaño y contenido, un talento raro pero admirable, dicho sea de paso. Además, para no confiar únicamente en los ojos inexpertos o muy cansados de un novato, los análisis de ADN mitocondrial<sup>3</sup> nos permiten confirmar la especie a la que pertenece dicha muestra que el biólogo tomará como preciado souvenir.

A nivel poblacional, estos análisis nos pueden dar información sobre la historia evolutiva de los organismos. Su estructura genética nos puede indicar si esa población ha sufrido eventos de mutación, que son cambios en la secuencia de las bases que conforman el ADN; si existen o existieron eventos de deriva génica, interpretado como cambios en la frecuencia que presenta un gen específico en el pool genético (i.e diversidad de los genes) de la población; el grado de flujo génico entre poblaciones, este intercambio de genes con otras poblaciones por migraciones; y finalmente, cómo influyen las modificaciones del ambiente en la selección natural. Además, gracias a que no todos los componentes de su alimentación se logran degradar, también podemos tener información valiosa de la dieta que prefiere cada especie, ya sea con la identificación de pelo, huesos o semillas.

Así que, aunque suene raro y un tanto asqueroso, los desechos de los animales nos permiten obtener información sumamente valiosa. Y ahora, si el lector es muy quisqui-

lloso y se está preguntando cómo se puede interpretar esta información de manera más concreta, al final todo este arduo trabajo nos llevara a saber cómo se encuentra una población determinada, cuáles y como son sus interacciones con otras poblaciones y su entorno.

Por ejemplo, la información genética obtenida nos permite saber si se presentan barreras que no permiten el paso de los individuos de una población a otra, o si el clima o el tipo de vegetación, entre otra gran cantidad de factores, generan resistencia al movimiento de los individuos. Esto puede traer como consecuencia que no haya reproducción entre individuos de distintas poblaciones y la diversidad genética disminuye, disminuyendo también la adecuación de la especie a nivel local, que resulta en una menor resistencia a las enfermedades, a los cambios drásticos en el ambiente, e incluso, en un caso drástico, se puede extinguir la población de una especie a nivel local.

## Vamos a meter las manos...

Ahora, ya que planteé la importancia de estos análisis, puede comenzar a describir la parte práctica de tan interesante actividad. Todo comienza con investigadores, alumnos de posgrado, técnicos de campo y uno que otro despistado estudiante de servicio social, recorriendo extensos trayectos con la mirada fija en el suelo buscando estas codiciadas pistas. Una vez que se divisa a la distancia el objetivo, se procede a buscar en su mochila una bolsa de papel o un tubo de plástico para tomar la muestra (Figura 1).



**Figura 1.** Colecta de excreta de coyote (Querétaro, 2019)

Es de vital importancia que en el tubo o bolsa y en la mítica libreta de campo sean anotadas las coordenadas geográficas de donde se colectó la excreta, ya que, sin esto, la importancia de la muestra se pierde y uno solo se pasea con una bolsa con caca en la mochila sin ninguna utilidad. También es importante que si se tiene suficiente experiencia se anote en la libreta, características físicas observables de la muestra, esto nos puede servir para determinar a ojo el animal al que pertenece o su dieta. Si se observan semillas, pelo o huesos se puede determinar si le pertenece a un coyote, lobo o felino, y también si se colecta en una zona no tan alejada de asentamientos humanos, ayuda a no tomar por error una muestra de algún individuo de la especie más invasiva que habita en nuestro planeta.

Una vez empaquetada y bien etiquetada, la muestra se lleva al laboratorio donde comienza la parte menos divertida del proceso: raspar la excreta. Esta se coloca en una charola o caja Petri en un ambiente sumamente limpio para evitar contaminación cruzada<sup>4</sup> y con utensilios de disección, agujas y bisturí, se procede a tomar pequeñas muestras de la parte más externa de la excreta, ya que es esta sección donde podemos encontrar las células epiteliales del animal al que le pertenece nuestra muestra biológica que se adhieren con el paso del bolo alimenticio a través del intestino (Figura 2).





**Figura 2.** Raspado de excreta (Querétaro, 2023)

Ya que tenemos suficiente material superficial, se coloca en tubos más pequeños y se llevan a otro laboratorio aún más limpio para proceder con las técnicas de extracción de ADN. Estas consisten de manera muy resumida en separar estas células epiteliales del resto de material flotante y extraer el contenido genético. Una vez realizada la extracción nos quedamos con un tubo aún más pequeño con un líquido transparente nada asqueroso en comparación con su predecesor, el cual debe ser conservado hasta su posterior secuenciación<sup>5</sup>, el paso último de esta actividad de investigación y cuyos resultados nos ayudarán a interpretar todo lo que se mencionó anteriormente en este texto.

Como ven, no es una actividad tan desagradable como suena, y el sacrificio en todo caso vale la pena. La información obtenida en estas actividades es muy importante para la investigación y conservación de estos peludos animales, junto con algunas otras que a pesar de ser menos “asquerosas” son igual de demandantes o complicadas.

Espero que este texto no evite que sigan saludando a su mastozoólogo de confianza con un fuerte apretón de manos, y que además les haya servido para develar algunos de los misterios mejor guardados de los biólogos de campo.

### **Notas:**

1. La mastozoología es la rama de la biología que estudia todo lo que tiene que ver con animales mamíferos, terrestres, acuáticos o aéreos.
2. ADN- ácido desoxirribuncléico, es la molécula que tiene toda la información para el funcionamiento de las células y constituye la información que se hereda a los hijos. Se encuentra en el núcleo de las células en forma de doble hélice.
3. Éste es otro tipo de ADN, este no se encuentra en el núcleo de las células sino en las mitocondrias y es heredado principalmente por la madre, por lo que nos ayuda a estudiar los linajes de los animales y de los seres humanos.



4. La contaminación cruzada es una interferencia que se puede presentar en un análisis cuando puede haber intercambio de materia de la muestra al ambiente y viceversa, alterando la muestra original.
5. La secuenciación del ADN es una técnica que nos ayuda a saber qué bases componen esta molécula y en qué orden se encuentran, lo que nos ayuda a distinguir entre diversos organismos, ya que cada especie tiene su propia secuencia en el ADN.

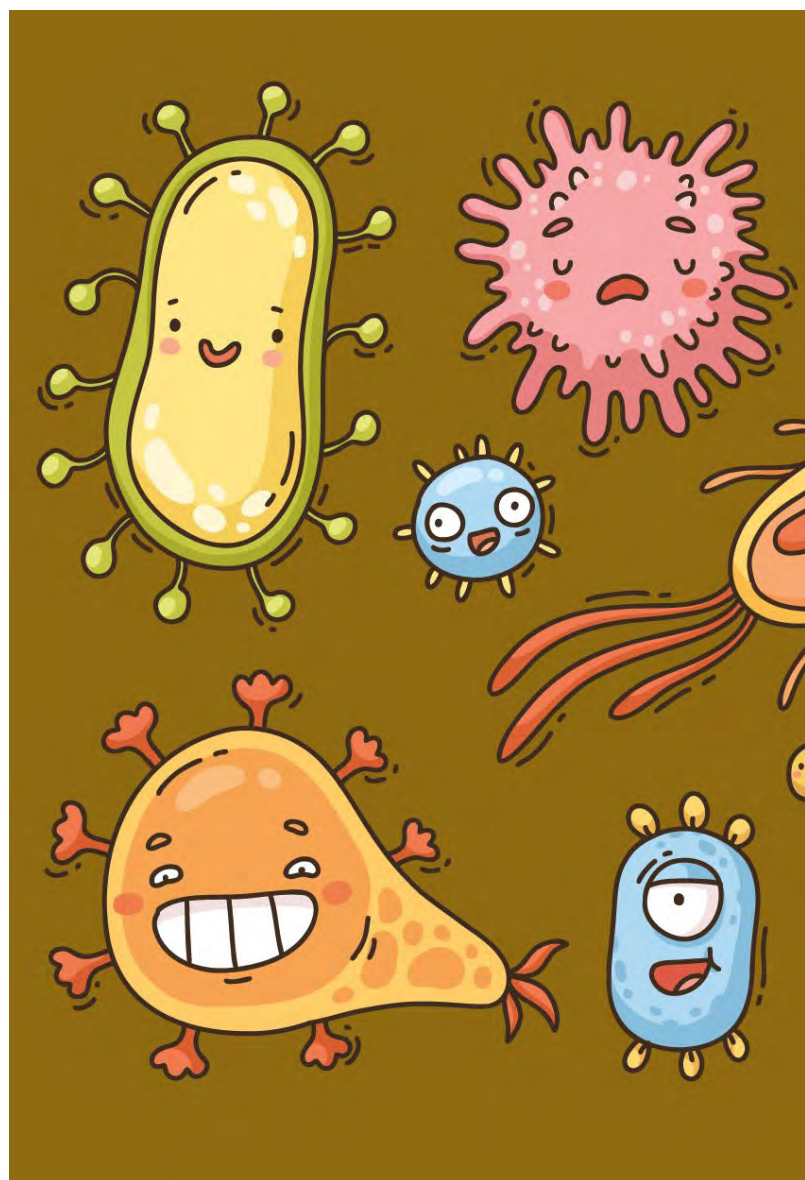
## Referencias

- Anaya Padrón M. Giovana. En proceso. Carreteras en el centro de México como barreras para el flujo génico en coyotes (*Canis latrans*). [Tesis de Maestría no publicada]. Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Querétaro. (director).
- Martínez-Meyer, E., González-Bernal, A., Velasco, J. A., Swetnam, T. L., González-Saucedo, Z. Y., Servín, J., Carlos A López González, John K Oakleaf, Stewart Liley, James R Heffelfinger. 2021. Rangewide habitat suitability analysis for the Mexican wolf (*Canis lupus baileyi*) to identify recovery areas in its historical distribution. *Diversity and Distributions*. <https://doi.org/10.1111/ddi.13222>.

## Sobre las autoras

**María Fernanda Revueltas Guillen**, bióloga egresada de la UAQ con maestría en Neurobiología de la UNAM. Se enfoca principalmente en la fisiología y la conducta de los ritmos biológicos en modelos no tradicionales de desincronización circadiana. Email: [frevueltas@hotmail.com](mailto:frevueltas@hotmail.com)

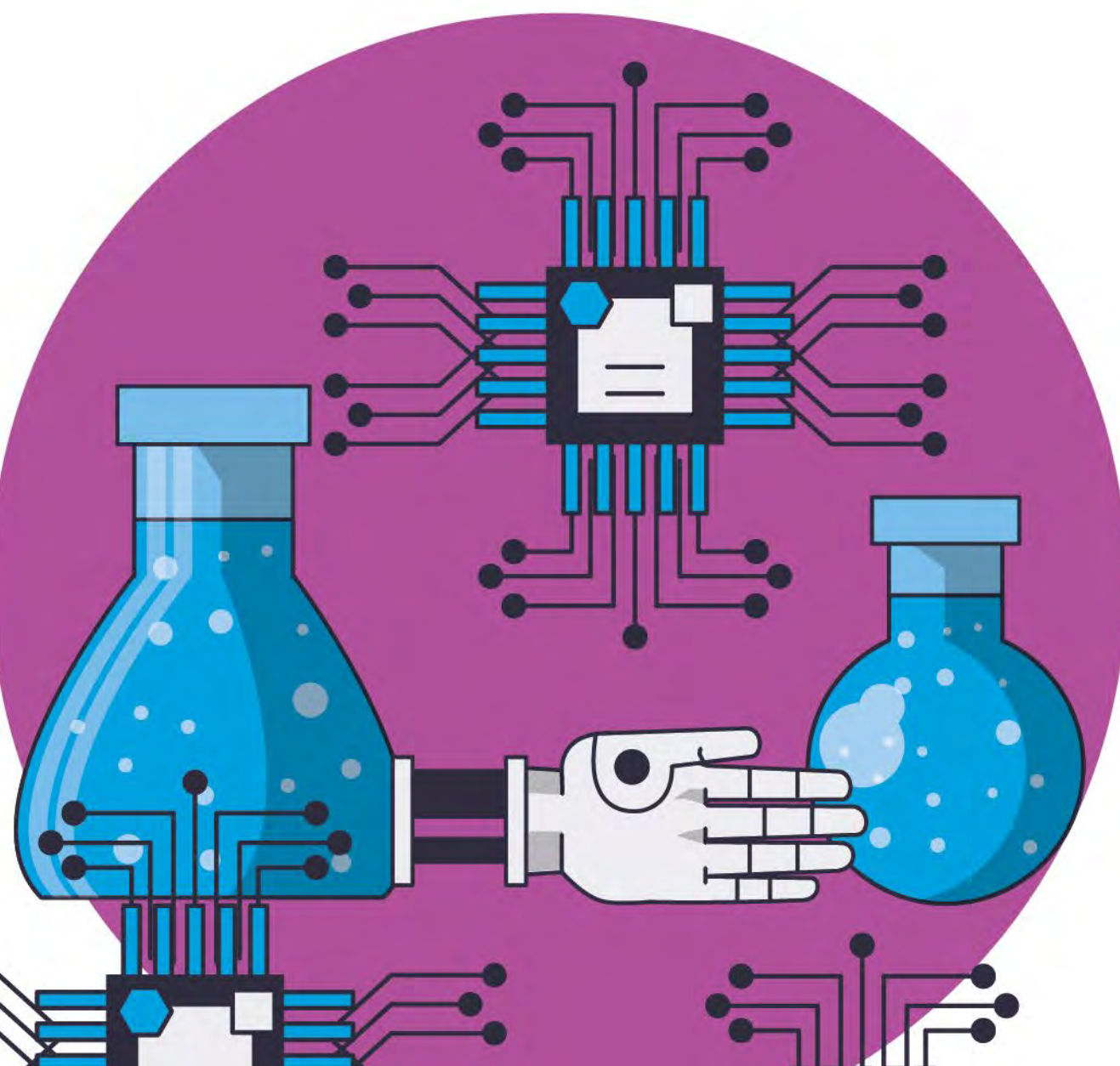
**María Giovana Anaya Padrón**, licenciada en Biología con Maestría en Ciencias Biológicas, egresada de la FCN UAQ. Tiene seis años de experiencia en el monitoreo de aves y mamíferos. Su mayor pasión son los Carnívoros, sobre todo los Cánidos. Desde la maestría trabajó con el coyote como modelo de estudio, enfocándose en su Genética del Paisaje. En el doctorado pretende elucidar el cómo y cuándo el coyote logró su expansión hacia el sur de México, además de identificar si la urbanización afecta la conectividad funcional en distintas poblaciones a lo largo del país.  
Email: [giovana.anay@gmail.com](mailto:giovana.anay@gmail.com)



# Inteligencia Artificial: Una Nueva Mirada a los Sistemas Dispersos a Través de Imágenes

María Eugenia Ramírez-Ortiz

Miriam Edith Fuentes-Romero



## Resumen

La enseñanza de la ciencia de los alimentos suele ser un reto porque muchos conceptos —como sistemas dispersos, propiedades funcionales o análisis reológico— resultan abstractos y difíciles de imaginar. Ante esta situación, el uso de herramientas digitales y, más recientemente, de la inteligencia artificial (IA) ofrece nuevas oportunidades. En este trabajo se exploró cómo emplear generadores de imágenes basados en IA para representar procesos y fenómenos que normalmente son explicados solo con texto o fórmulas. Los resultados muestran que las imágenes creadas pueden ayudar a los estudiantes a visualizar de manera más clara cómo interactúan los ingredientes en mezclas como emulsiones, espumas o geles, y cómo esas interacciones afectan la textura o apariencia de los alimentos. Aunque se detectaron limitaciones —como imágenes atractivas, pero poco precisas—, los estudiantes percibieron la experiencia como innovadora y motivadora. En conclusión, la IA puede ser un recurso complementario para hacer la enseñanza más visual, accesible y dinámica.

## Introducción

Una constante preocupación en la labor docente en el área de propiedades funcionales de ingredientes, aditivos, moléculas, es la comprensión de su interacción con el resto del sistema alimenticio donde se encuentran

inmersos, porque es esto lo que da cabida a la formación de las estructuras moleculares que permiten desarrollar alimentos tan simples como un jarabe de azúcar o uno tan complejo como una crema chantilly.

Para facilitar esta comprensión se recurre con frecuencia a la presentación de documentos que explican cómo se desarrollan las propiedades funcionales, desde el punto de vista químico y/o mecánico, pero no todos somos capaces de entender en un texto esta formación del sistema. Los diagramas o dibujos ayudan a profundizar este aprendizaje y los vídeos aumentan todavía más esta labor. Sin embargo, desarrollarlos requiere de cierta capacitación en programas que permitan hacer material atractivo visualmente y preciso en la explicación de los fenómenos que están ocurriendo.

Durante la pandemia los profesores tuvieron que capacitarse en el uso de diversos programas y plataformas que facilitaron la preparación de material didáctico que apoyará las lecturas o explicaciones que se daban de manera virtual y hubo un auge de material que si bien tenía una buena intención resultaba relativamente cercano a los materiales con los que ya se trabajaba. Y casi al final de ésta llegaron noticias del uso de la inteligencia artificial.

La promesa que nos da la inteligencia artificial es acortar los tiempos de trabajo elaborando documentos, figuras, vídeos, diagramas, y entregar resultados con lenguaje formal. La integración de la Inteligencia Artificial Generativa tiene un gran potencial



para enriquecer la educación, pero requiere planificación estratégica, formación docente continua y directrices claras para asegurar su uso ético y pedagógico (Díaz-Vera et al., 2024) hasta ahora, el profesorado que hace uso de las IAs tiende a ser un profesorado joven; se sugiere que puede deberse a una menor experiencia, lo cual les permite experimentar sin estar atado a métodos de enseñanza preestablecidos, y menor resistencia al cambio. Además, han recibido una formación más reciente y actualizada, por lo están más familiarizados con nuevos recursos tecnológicos (Villegas-José y Delgado-García, 2024).

## La pandemia y el boom de lo digital

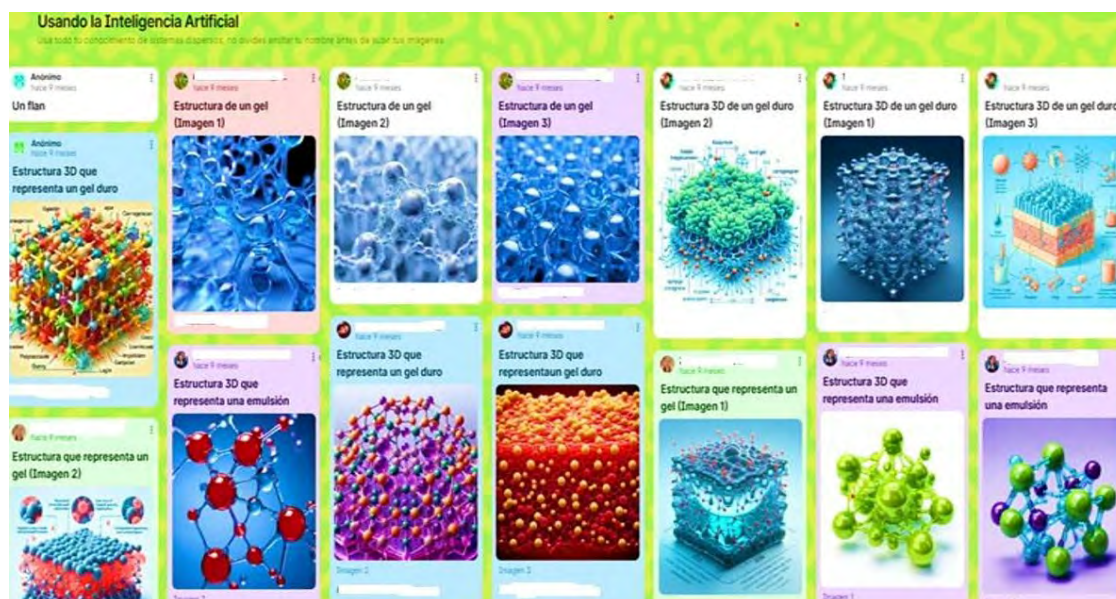
En la asignatura de Laboratorio Experimental Multidisciplinario I se estudian las propiedades funcionales de polisacáridos y proteínas integradas a un sistema fisicoquímico dentro de un alimento. Parte de la dificultad en el laboratorio es explicar la relación de los datos experimentales en reología, textural, estabilidad, relacionándolos con la funcionalidad de estos polímeros. Para facilitar la comprensión de lo que ocurre se solicita a los estudiantes desarrollar modelos que postulen cómo está integrada la estructura del alimento, Bewersdorff et al. (2025) indica que una dificultad de la enseñanza de las ciencias consiste en integrar diferentes modalidades de expresión para facilitar la comprensión del conocimiento, por lo que presentar y solicitar que realicen diagramas, modelos, tablas, escritos y enseñar es importante para mejorar las competencias del estudiante. Además de tener la habilidad de pasar de una a otra sin mayores dificultades.

El desarrollo de estos modelos es generalmente a través de dibujos que los estudiantes pueden elaborar a mano o con ayuda de algún programa como PowerPoint o Canva, pero para explorar si la inteligencia artificial podría mejorar el resultado que se obtenía con las herramientas tradicionales. Se les indicó lo siguiente:

Generar una imagen de una estructura del sistema disperso en 3D que estudió con Inteligencia Artificial usando **Playground AI** o **Dalle 2** (ambas son de uso libre). Compartirla en formato JPG en el Padlet creado para este fin. Una parte de los resultados obtenidos se muestra en la figura 1 participaron en el ejercicio 15 alumnos y generaron 30 imágenes diferentes de ese ejercicio.



## La IA ahora puede ayudarnos a visualizar lo que antes solo imaginábamos en clase”



**Figura 1.** Muestra de las imágenes generadas con inteligencia artificial de sistemas dispersos en alimentos en el semestre 2023-II con un grupo de Laboratorio Experimental Multidisciplinario I.

La primera observación es que las imágenes son atractivas visualmente y cumplen con el reto de pasar una instrucción escrita a la presentación visual de lo que se solicita. El resultado es satisfactorio para el estudiante y se les solicitó incluir hasta 3 intentos y algunos solo incluyeron una imagen, sin buscar un resultado más aproximado a lo solicitado.

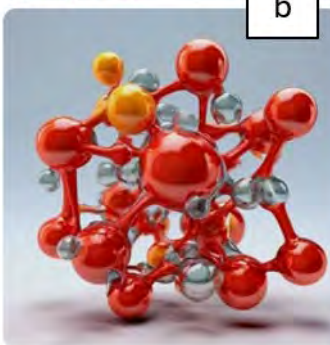
## El reto: imágenes bonitas... pero también precisas

En la figura 2, se presentan ejemplos de imágenes creadas con inteligencia artificial y aunque se mejora sustancialmente la presentación visual del producto final, la precisión de las imágenes no es apropiada. En las figuras 2a y 2b se representa una emulsión, sin embargo, la estructura que se refleja es muy similar al gel de la figura 2c (la cual es apropiada para este sistema disperso) en tanto que la figura 2d que representa un gel, parece una imagen de espuma. A pesar de que la Inteligencia artificial pueda facilitar el proceso de aprendizaje, es esencial que el profesor se mantenga alerta con respecto al resultado que pueden ser incorrecto, defectuoso o inventado (Bewersdorff et al., 2025) también cuidar de que no haya inequidad por su uso, que no se genere dependencia excesiva y que se incida en el pensamiento crítico (Villegas-José y Delgado-García, 2024); por lo que se debe enfatizar el uso ético de la información generada de esta manera y solicitar una declaración de su uso en los materiales desarrollados.

estructura de una emulsion en 3D (imagen 3)



Estructura molecular de una emulsion en 3D (imagen 1)



Estructura 3D que representa un gel duro

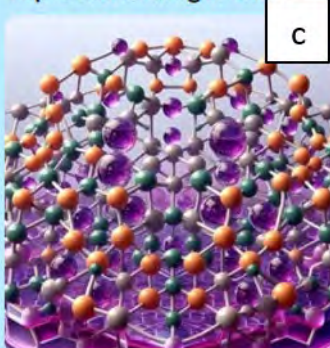


Imagen 2

Estructura de un gel (Imagen 3)



**Figura 2.** Ejemplos específicos de imágenes para sistemas dispersos gel y emulsión

Esta experiencia además permite hacer esta transición de la expresión escrita a una imagen y hace evidente al estudiante que lo que expresa no es correcto y debe mejorar el “prompt” o instrucción que se da al programa que genera las ideas. Y en este punto habrá que insistir para que se deben generar instrucciones más precisas para generar imágenes atractivas visualmente, pero precisas.

## ¿Qué opinan los estudiantes?

Finalmente, en la figura 3 se muestran algunas opiniones de los estudiantes que emplearon la herramienta y que a pesar de que en general piensan que les ayuda a optimizar el tiempo y mejorar su trabajo, también reconocen la necesidad de capacitación en su utilización.

Es muy buena herramienta para optimizar tiempo, aparte que no es malo el uso siempre y cuando la sepas utilizar adecuadamente y con provecho

Es muy facil de usar y ayuda mucho para aprender

Es una buena herramienta aunque no se tenga conocimiento, pero el tener conocimiento acerca de la página ayudaría a tener resultados mucho mejores

**Figura 3.** Opiniones de los alumnos que utilizaron la herramienta de IA.

En conclusión, la inteligencia artificial no sustituye al profesor, pero sí es como una lupa que ayuda a ver mejor lo invisible en los alimentos. El reto es usarla con criterio, sin dejar de lado la creatividad y el pensamiento crítico. Si logramos ese equilibrio, la enseñanza de la ciencia de los alimentos será más clara, visual y atractiva para todos.

El uso de las herramientas de inteligencia artificial apoya al aprendizaje, pero su uso debe ser supervisado por el profesor y se debe retroalimentar oportunamente para que los resultados sean precisos. Sin duda estas herramientas mueven el interés de los jóvenes y les alienta para realizar sus propias imágenes y diagramas, a exponer en una imagen lo que hasta ahora solo se podían imaginar o ver en una figura plana y mejorar el entendimiento de lo que estudian de propiedades funcionales, lo que hace necesaria la capacitación tanto de profesores como de estudiantes. El nivel de integración de información puede favorecerse grandemente obteniendo además imágenes visualmente muy atractivas y que den la sensación de satisfacción a los jóvenes en este ejercicio de pasar información escrita a una imagen visual.

## Referencias

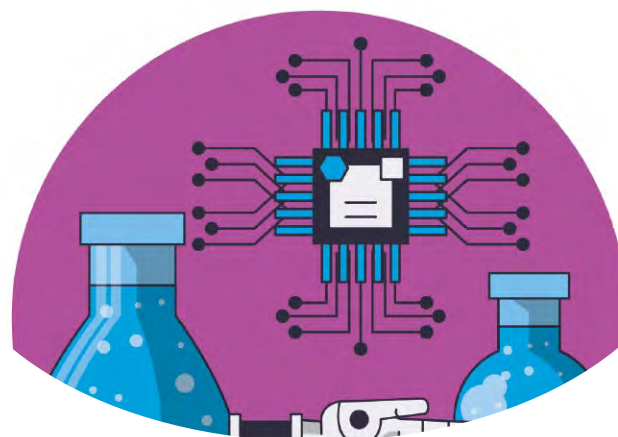
- Bewersdorff Arne, Hartmann Christian, Hornberger Marie, Seßler Kathrin, Bannert Maria, Kasneci Enkelejda, Kasneci , Gjergji, Zhai Xiaoming, Claudia Nerdel (2025) Taking the next step with generative artificial intelligence: The transformative role of multimodal large language models in science education, *Learning and Individual Differences*, Volume 118, 102601, ISSN 1041-6080, <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102601>.
- Diaz Vera, J. P., Molina Izurieta, R., Bayas Jaramillo, C. M., & Ruiz Ramírez, A. K. (2024). Asistencia de la inteligencia artificial generativa como herramienta pedagógica en la educación superior. *Revista De Investigación En Tecnologías De La Información*, 12(26), 61-76. <https://doi.org/10.36825/RITI.12.26.006>

- Villegas-José, V. y Delgado-García, M. (2024) Inteligencia artificial: revolución educativa innovadora en la Educación Superior, *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 71, 159-177, 4, <https://doi.org/10.12795/pixelbit.107760>

## Sobre las autoras

**María Eugenia Ramírez Ortiz.** Ingeniera en alimentos por la FES Cuautitlán-UNAM, maestra en ciencias con especialidad en alimentos por ENCB-IPN, doctora en Tecnología Avanzada por CICATA-Legaria-IPN. Estancia posdoctoral de 2014-2016 en la FIQ-UADY. 33 años de experiencia en docencia. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras en el nivel 1. Ha participado en cursos de licenciatura tanto en la FES-Cuautitlán-UNAM como enUPIBI-IPN para la carrera de Ingeniería en Alimentos, colabora con los posgrados de CICATA-IPN yUPIBI-IPN. Ha participado 16 proyectos de investigación, 46 participaciones en congresos internacionales, 35 en nacionales, 23 conferencias. Email: mro2012@hotmail.com

**Miriam Edith Fuentes-Romero.** De formación Ingeniera en Alimentos, Maestría en Formación Docente en el Centro Universitario Madame Curie. 29 años en docencia en la FES-Cuautitlán-UNAM para la carrera de Ingeniería en Alimentos para asignatura de Laboratorio Experimental Multidisciplinario I y IV. Diplomado en docencia para la educación a distancia.





# Algunas analogías entre estrategias lectoras y futbolísticas

Jorge Guerra-García  
Yolanda Guevara-Benítez  
Juan Pablo Rugerio-Tapia





## Resumen

La comprensión lectora puede compararse con la dirección técnica de un equipo de fútbol, pues en ambos casos se requiere planificación, análisis y aplicación de estrategias antes, durante y después de la tarea. Comprender un texto implica distintos niveles: literal, reorganización, inferencial, crítico y de apreciación, cada uno con mayores exigencias cognitivas. Un “buen lector”, al igual que un entrenador, se prepara estableciendo propósitos, revisando el material y activando conocimientos previos. Durante la lectura, organiza ideas, subraya, elabora esquemas y se autogestiona para monitorear su entendimiento. Después, reflexiona, resume y contrastar información, con el fin de consolidar aprendizajes y generar opiniones propias. Al igual que en el fútbol, la comprensión lectora no es un talento innato, sino una competencia que se desarrolla mediante la práctica y el conocimiento de estrategias adecuadas. Enseñar a los estudiantes a utilizarlas desde la educación básica hasta la universidad resulta esencial para un aprendizaje significativo y duradero.

## Introducción

El proceso de comprender un texto es como entrenar un equipo de fútbol, ambos implican la planificación de estrategias específicas, asumir un compromiso activo o involucramiento en la tarea, y realizar un análisis reflexivo. Tanto un buen lector como un hábil entrenador de fútbol comparten enfo-

ques similares en sus respectivos dominios, empleando estrategias antes, durante y después de las tareas, para lograr sus objetivos. Veremos esto en detalle, pero primero describiremos qué es la comprensión lectora y un director técnico de fútbol.

## Comprensión lectora

La comprensión lectora es el proceso mediante el cual el lector, a través del uso de diversas estrategias, interactúa con el texto y puede responder a él, en cuanto a su contenido (Armijos et al., 2023; Pérez, 2005).

Se clasifica en diferentes niveles. El primero es el literal; se aprecia cuando el lector puede **reconocer y recordar**, directamente del texto, las ideas tal y como están expresadas por el autor. El segundo es el de reorganización de la información; se presenta cuando el lector **ordena** las ideas a través de procesos de clasificación y síntesis, como puede ser un mapa conceptual o un resumen. El siguiente es el inferencial; se identifica cuando el lector **agrega** información que no está en el texto, obtenida de sus experiencias o lecturas anteriores, o deducida a partir de lo planteado en el escrito. El nivel crítico se observa cuando el lector utiliza procesos de **valoración**, para lo cual necesita establecer una relación entre lo que dice el texto y el conocimiento previo que tiene sobre el tema, para luego expresar una postura personal. Por último, el de apreciación se presenta cuando el lector **evalúa** el texto consultado, expresando comentarios emotivos y estéticos, o bien, cuando emite juicios

sobre su particular estilo literario o las características del lenguaje que utiliza el autor.

La meta de un buen lector es comprender lo que lee. Para esto, debe utilizar diferentes **estrategias** o, lo que es lo mismo, debe hacer diferentes actividades en el proceso de la lectura. Esto lo describiremos un poco más adelante.

## Lector

Un “buen lector” es una persona que tiene conocimiento de las reglas gramaticales y ortográficas del idioma en el que lee, y de la estructura del texto (narrativo, expositivo, argumentativo, etcétera). Además, un interés muy especial respecto del tema, así como tiempo y disposición. Su propósito es, sin duda, comprender lo leído.

Para llevar a cabo esto último, debe utilizar diversas **estrategias** (actividades o tareas) que le ayuden a recordar, describir, organizar, comparar y analizar las ideas contenidas en el texto, permitiéndole reproducir lo que dice el autor, así como derivar un punto de vista propio.

## Director técnico

Como la mayoría de nosotros sabemos, un director técnico es la persona que dirige a un equipo de fútbol soccer. Tiene conocimientos profundos del reglamento, el cual establece las normas para jugar, incluyendo las del terreno de juego, de los jugadores, las

del balón y las de los árbitros. También domina diferentes sistemas de juego, conoce a sus jugadores y sus respectivas habilidades, de igual forma a su afición. Su meta es hacer todo lo posible para ganar todos los partidos (o la mayoría) de su competición, con la finalidad de obtener un campeonato. Para ganar un partido debe planear muy bien cómo jugar en función de las características propias de su equipo y las de su contrincante. El **cómo jugar** incluye una serie de acciones bien definidas, a ser realizadas dentro de la cancha por parte de los integrantes del equipo, a lo largo del partido; cada jugador tiene asignadas funciones específicas y operaciones concretas. Contar con un plan de juego permite reducir la incertidumbre y la improvisación en el juego, aumentando la confianza y la determinación de los jugadores; dicho plan está conformado por las estrategias.

## La lectura de textos es cómo entrenar o jugar fútbol

Como dijimos en líneas anteriores, la comprensión de textos implica niveles, los cuales son cada vez más complejos e inclusivos: además de involucrar habilidades más sofisticadas en cada uno de dichos niveles, el segundo incluye las del primero, el tercero las habilidades de los dos niveles anteriores y así sucesivamente. Visto de esta forma, a la mayoría de los estudiantes les resulta difícil enfrentarse a sus textos académicos debido, quizá en parte, a la ausencia de una formación específica en las habilidades que implica cada nivel.

Las deficiencias en la comprensión lectora conlleva bajos aprendizajes en los estudiantes y, en consecuencia, reprobación en las asignaturas; sin embargo, esto no tiene que ser así. La buena noticia es que comprender lo que se lee no es un don con el que se nace, sino una competencia que se desarrolla a través del aprendizaje y práctica de una serie de habilidades para organizar la tarea de lectura. El lector puede comprender un escrito solamente si utiliza las estrategias correctas.

A continuación, se expondrán algunas de esas estrategias utilizando la analogía entre las acciones que realiza un buen lector y las que lleva a cabo un entrenador de fútbol, antes, durante y después de un partido.



***“A través del uso de diferentes estrategias se puede planificar la forma de conseguir los objetivos planteados”.***

## Antes

Lo que hace, generalmente, un buen director técnico es “preparar el partido” antes

de jugarlo, a través de diferentes **estrategias**. Ve videos de su rival, estudia la forma que tiene de jugar, su sistema o “el parado” en la cancha del equipo. Con esto, puede planificar su propia estrategia de juego. Diseña “el parado” adecuado de sus propios jugadores en la cancha, de tal forma que le pueda permitir, por ejemplo, la posesión del balón, el contraataque o la presión alta manteniendo la pelota en cancha contraria. Para esto, puede utilizar una línea de 4 en la defensa, 3 en media cancha y 3 en la delantera (4-3-3); o si es muy precavido porque tiene un rival muy ofensivo, puede elegir un 5-3-2 priorizando la defensiva o cualquier otra formación en función de su objetivo; todo esto, para poder contrarrestar al rival.

Un “buen lector” también se prepara para leer un texto, con diversas **estrategias**. En primer lugar, establece un propósito para la lectura, como “voy a leer para aprender” o “voy a leer para contestar el examen”. Después, revisa el documento de forma rápida, hojeando. Se detiene en el título y los subtítulos, y se hace preguntas respecto de ellos. Por ejemplo, si está leyendo un capítulo de un libro que se titula “Genética” y tiene como subtítulos “Genes y cromosomas”, “Genética y Biogenética”, quizá pudiera preguntarse ¿Qué estudia la genética?, ¿qué es un gen?, ¿cuántos tipos de cromosomas hay?, ¿de qué trata la biogenética?, ¿cómo se relaciona la genética con la biogenética? También, investiga el significado de palabras desconocidas. Además, trata de recordar lo que ya sabe del tema para activar sus conocimientos previos.

## Durante

La **estrategia** del director técnico debe incluir una serie de acciones específicas *durante* el desarrollo del partido. Entre ellas, hacer anotaciones o comentarios con sus auxiliares técnicos acerca de lo que pasa en la cancha, observar el desempeño de cada uno de sus jugadores, hacer el cambio de un jugador cuyo funcionamiento no corresponde a lo planeado, proporcionar indicaciones precisas ante una expulsión o cambios en el marcador, alentar a los integrantes de su equipo, cambiar “el parado”, etcétera.

De la misma forma, el lector realiza distintas **estrategias** durante la lectura: identifica las ideas principales y las secundarias; subraya las primeras con un determinado color, mientras que las segundas con otro; organiza los conceptos mediante un mapa mental, un cuadro sinóptico o un mapa conceptual; hace anotaciones al margen del escrito o en algún otro lugar, de lo que vaya pensando en relación con el texto. También, recuerda lo que ha leído respecto al tema y lo vincula con lo que está leyendo, se detiene regularmente mientras lee y se hace preguntas relacionadas con el contenido de lo que está leyendo (autocuestionarse), lo cual le ayuda para monitorear su comprensión y darse cuenta de que, si no lo ha entendido, será necesario cambiar de estrategia (realizar una segunda lectura, apoyarse en otro texto o en los apuntes realizados durante la clase, preguntar al docente o realizar una búsqueda en la Internet).



***“La comprensión lectora, al igual que otras competencias como el fútbol, se desarrolla con la práctica constante de diversas habilidades”.***

## Después

Una vez *terminado* el juego, el director técnico lo analiza, lo comenta con sus jugadores, retroalimenta el desempeño de forma específica y constructivamente, destacando lo que hicieron bien e identificando situaciones en las cuales se puede mejorar, y mostrando cómo hacerlo; todo esto, con la finalidad de aprender y perfeccionar su juego para el próximo partido.

De igual manera, el lector *después* de haber terminado su lectura puede hacer un resumen del texto para tener presente la información más importante, reflexionar acerca de lo leído para profundizar en la comprensión, consultar otras fuentes de información para contrastar ideas, comparar



sus conclusiones con las de sus compañeros o profesores; todo esto, le permitirá mejorar la capacidad de memorización, consolidar su aprendizaje, ser analítico y formularse una opinión.

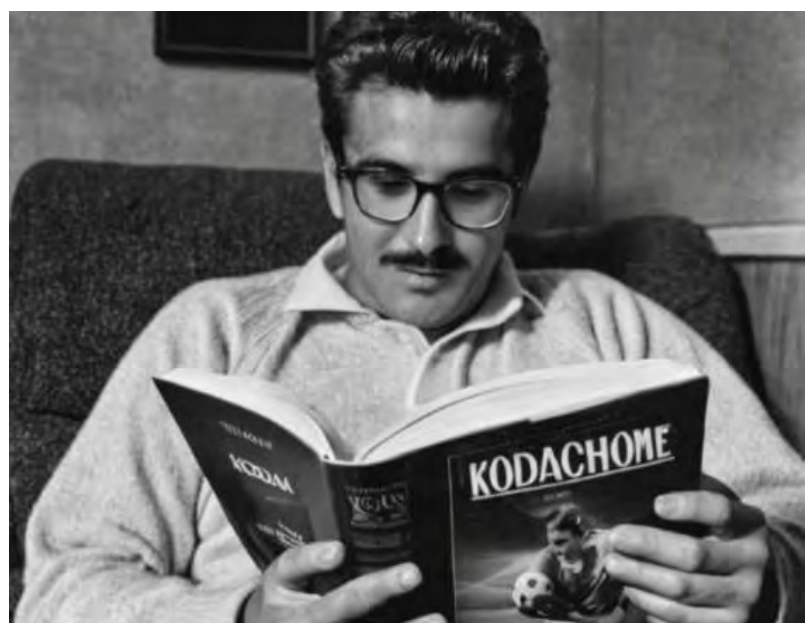
## Conclusión

Tanto la estrategia del entrenador como la del lector comprenden tres momentos: antes, durante y después del juego o de la lectura, en los cuales realizan diferentes actividades; para el primero, con la finalidad de ganar un partido, mientras que, para el segundo, la meta es comprender un texto.

El “*Jogo bonito*”, el cómo jugar bien se entrena todos los días, como todas las cosas en las que uno quiere ser hábil. Por ejemplo, para que el jugador comprenda cuál es su función en “un parado” 5-3-2, es necesario que primero sepa cuáles son los movimientos que debe hacer en su posición con relación a sus compañeros y, luego, hacer “repeticiones” las veces que sean necesarias hasta lograr un alto desempeño. El conocimiento y el entrenamiento son indispensables. Lo mismo sucede para convertirse en un “buen lector”. Es necesario ser perseverante. Son forzosas las “repeticiones” de las distintas estrategias con textos y asignaturas diferentes.

Una última analogía es pertinente. Durante muchos años se pensó que la práctica del fútbol llevaba “automáticamente” a capacitar a un director técnico en el uso de estrategias para planificar juegos, dirigir equipos y alcanzar triunfos deportivos. Hoy

se sabe que la carrera de director técnico requiere preparación y práctica de habilidades específicas para convertirse en un buen estratega, por lo que se abrieron cursos dirigidos a tales objetivos (Federación Mexicana de Fútbol, 2025). Similarmente, muchos educadores suponían que los alumnos aprenden a comprender textos a través de la práctica de la lectura. Los avances de la psicología educativa han dejado claro que el desarrollo de la competencia lectora es mejor cuando se enseña a los estudiantes a utilizar las diversas estrategias lectoras para conocer los materiales de distintas asignaturas, y cuando las prácticas de lectura se realizan utilizando los recursos comprensivos antes, durante y después de abordar cada texto (Guerra et al., 2018; Guerra et al., 2022).



***“El desarrollo de cualquier competencia no radica tan solo en su práctica, además es necesario conocer las estrategias que facilitan su correcto aprendizaje”.***

Finalmente, el proceso de aprendizaje de la comprensión lectora debe iniciar desde la educación primaria (Del Valle, 2016; Peña et al., 2021), continuar en secundaria (Franco et al., 2016), bachillerato (Cervantes et al., 2017) y extenderse hasta el nivel universitario (González, 2019). Desde luego, en cada nivel educativo debe aumentarse la complejidad y especificidad de los textos, pero siempre partiendo de que las habilidades de comprensión lectora son la base del aprendizaje.

## Referencias

- Armijos, U. A., Paucar, G. C. y Quintero, B. J. (2023). Estrategias para la comprensión lectora: Una revisión de estudios en Latinoamérica. *Revista Andina de Educación*, 6(2). <https://doi.org/10.32719/26312816.2022.6.2.6>
- Cervantes, R., Pérez, J. y Alanís, M. (2017). Niveles de comprensión lectora. Sistema CONALEP: Caso específico del plantel n.º 172, de Ciudad Victoria, Tamaulipas, en alumnos del quinto semestre. *SOCIOTAM. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, 27(2), 73-114. <https://sociotam.uat.edu.mx/index.php/SOCIOTAM/article/view/86>
- Del Valle, V. (2016). El acto de leer: Una experiencia en educación primaria. *Educere*, 20(65), 91-98. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=4568119>
- Federación Mexicana de Fútbol (FMF). Programa de formación en dirección técnica. <https://fmf.mx/sistema-nacional-capacitacion/direccion-tecnica>
- Franco, M., Cárdenas, R. y Santrich, E. (2016). Factores asociados a la comprensión lectora en estudiantes de noveno grado de Barranquilla. *Psicogente*, 19(36), 296-310. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-01372016000200296](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-01372016000200296)
- González, L. (2019). La comprensión lectora y su importancia para estudiantes de la Universidad Mundo Maya, campus Campeche. *Revista Electrónica Gestión de las Personas y Tecnología*, 12(36), 33-40. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-mundo-maya/literatura-anglosajona/dialnet-la-comprension-lectora-ysu-importancia-para-estudiantes-d-7836902/73535590>
- Guerra, G. J., Guevara, B. Y. y Pérez-García, D. (2022). Estrategias para el fomento de la comprensión lectora en universitarios. *Educación*, 31(61), 95-115. <https://doi.org/10.18800/educacion.202202.005>
- Guerra, G. J., Guevara, B. Y., Rugerio, J.P. y Hermosillo, G. A. (2018). Estrategias lectoras y motivación hacia la lectura en estudiantes de distintas carreras universitarias. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*. 10(1), 17-29. <http://revistamexicanadeinvestigacionenpsicologia.com/index.php/RMIP/article/view/318/189>
- Peña, K., Ponce, A., Montecinos, D., Torres, D., Catalán, P. y Villagra, C. (2021). Comprensión de textos escritos a través del trabajo colaborativo en la educación básica. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 20(43), 455-475. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8027809>
- Pérez, M. (2005). Evaluación de la comprensión lectora: Dificultades y limitaciones. *Revista de Educación*, Número extraordinario, 121-138.

## Sobre los autores/as

- Dr. Jorge Guerra García.** Profesor titular C de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Integrante del Grupo de Investigación en Aprendizaje Humano. Miembro del SNI. Sus áreas de estudio se relacionan con comprensión lectora y producción de textos en universitarios. Email: guerra@unam.mx
- Dra. Yolanda Guevara Benítez.** Profesora titular C de tiempo completo, coordinadora de la línea de investigación Factores Asociados al Desempeño Académico, adscrita a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores. Email: cyguevara@unam.mx
- Dr. Juan Pablo Rugerio Tapia.** Profesor de tiempo completo del Ámbito en Educación Especial, en la Licenciatura y Maestría en Psicología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Colaborador en la línea de investigación Factores asociados al desempeño escolar, de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y la Educación, FES Iztacala, UNAM. Email: pablorigerio@unam.mx.

# Literacidad:

palabra que aparece en la Constitución Política Mexicana pero no en el diccionario de la lengua española

Nahum Galindo Vargas



## Resumen

En 2019, la reforma al artículo 3º constitucional de México incorporó el término ***literacidad***, derivado del inglés ***literacy***, aunque aún no reconocido por la Real Academia Española. En el ámbito educativo, este concepto se refiere a la competencia en lectoescritura, lectura crítica y producción de textos. A diferencia del significado tradicional de alfabetización —enseñar a leer y escribir—, organismos como la UNESCO y la OCDE amplían ***literacy*** para incluir habilidades numéricas, tecnológicas, científicas, de salud y otras necesarias para participar activamente en la sociedad. Así, literacidad implica una comprensión más profunda y funcional del conocimiento. Sin embargo, persiste el debate sobre su uso frente al término ***alfabetización***, considerado más adecuado como traducción. Se sugiere revisar cuidadosamente los conceptos utilizados en leyes y modelos educativos como la Nueva Escuela Mexicana, buscando coherencia con estándares internacionales que promueven el aprendizaje continuo y multidimensional para enfrentar los retos de la sociedad del conocimiento.

## Introducción

Una modificación a los artículos 3, 31 y 73 de la Constitución Política de México de mayo de 2019 añadió el término literacidad al artículo tercero constitucional. Pero ¿qué significado tiene la palabra literacidad? Esta palabra no se encuentra definida por la Real

Academia Española, en tanto que investigaciones enfocadas en la educación sugieren que el tecnicismo literacidad, procedente del término anglosajón *literacy*, se refiere a la competencia lectora, literaria o de lectoescritura. Aunque en el idioma inglés este término se refiere a aprender a leer y escribir, organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés) han planteado en las últimas décadas un significado más amplio para el término *literacy* en el ámbito educativo.

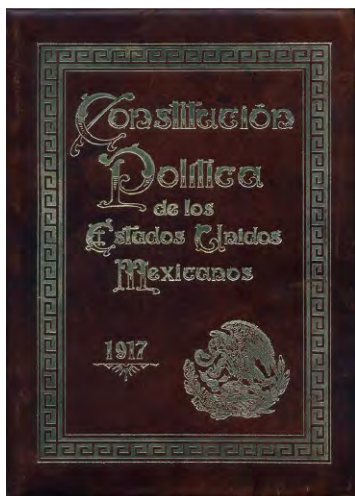
## Adición al artículo 3 constitucional

En la reforma al artículo tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos del 15 de mayo de 2019 se aprobó la adición del párrafo que establece que los planes y programas de estudio deberán incluir:

“[...] el conocimiento de las ciencias y humanidades: la enseñanza de las matemáticas, la lectoescritura, la literacidad, la historia, la geografía, el civismo, la filosofía, la tecnología, la innovación, las lenguas indígenas de nuestro país, las lenguas extranjeras, la educación física, el deporte, las artes, en especial la música, la promoción de estilos de vida saludables, la educación sexual y reproductiva y el cuidado al medio ambiente, entre otras.” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917).



En dicha reforma, así como en la propuesta del modelo denominado como la Nueva Escuela Mexicana (Subsecretaría Educación Media Superior, 2019), las matemáticas, la lectoescritura, la tecnología y la literacidad aparecen como conceptos independientes (Figura 1).



**Figura 1.** El término literacidad se añadió a nuestra constitución en mayo de 2019.

## ¿Cómo se utiliza el término literacidad en el ámbito educativo en la lengua española?

De acuerdo con investigaciones educativas, literacidad es un tecnicismo del idioma inglés, procedente de *literacy*. Los tecnicismos generalmente provienen de otra lengua, como el latín, griego, o inglés en el caso del término aquí discutido, y por su fácil traducción a cualquier lengua confieren valor universal a la ciencia. Aunque su introducción en la lengua española se dio a inicios de este siglo, este vocablo no figura aún en las defi-

niciones de la Real Academia Española. Según Street (2005), los pedagogos y teóricos literarios relacionan el término *literacy* con la producción y lectura de textos.

Como ejemplo de lo anterior, en el idioma español literacidad se relaciona con aquello que hacen las personas para leer y escribir, con la comprensión y producción de discursos asociados a la escritura, la competencia lectora o simplemente relacionándolo con la literatura. En general, literacidad hace referencia a la competencia en lectoescritura. A pesar de que algunos autores coinciden en que la alfabetización puede utilizarse como sinónimo de literacidad, expresan que esto limitaría su significado a simplemente enseñar a leer y escribir (Figura 2).

## ¿Cuál es el significado dado a *literacy* en la lengua inglesa?

De acuerdo con la definición dada por la UNESCO, *literacy*:

“[...] es la capacidad de identificar, comprender, interpretar, crear, comunicar y calcular, utilizando materiales impresos y escritos asociados con diversos contextos. [...] implica un aprendizaje continuo que permite a las personas alcanzar sus objetivos, desarrollar sus conocimientos y potencial, y participar plenamente en su comunidad y en la sociedad en general. Generalmente, [...] también abarca la aritmética, la capacidad de realizar cálculos aritméticos simples.” (traducción propia, UNESCO, s. f.).

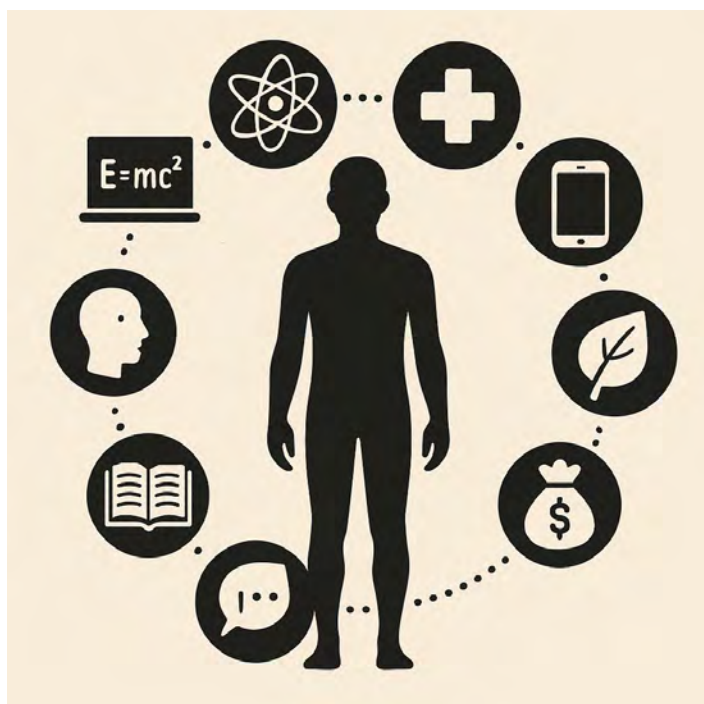
Basándonos en esta definición es claro que *literacy*, como raíz de **literacidad**, abarca una definición más amplia que añade competencias numéricas además de las competencias en lectoescritura. El fin último del término *literacy* es que las personas participen en la vida moderna, lean y comprendan las noticias, un debate político, gráficas, mapas e instrucciones, por mencionar algunos ejemplos (Street, 2005). En un documento encargado para el Reporte de Seguimiento Global de la Educación para Todos, presentado en el año 2006, Street (2005) mencionó que se debe aclarar el significado de *literacy* con la intención de que las políticas educativas se fundamentan en el conocimiento y en conceptos científicos rigurosos.

Y es que en la lengua inglesa es común aplicar *literacy* al hecho de que los niños aprendan a leer y escribir, en tanto que para vencer el *illiteracy*, a los adultos se les enseña a leer y escribir (Street, 2005). Es claro que el término empleado en el idioma español para el hecho de enseñar a leer a los niños es la alfabetización, y que el término analfabeto se aplica a los adultos que no saben leer y escribir. Documentos sin traducción oficial de la OECD emplean alfabetización o competencia como traducción para el término *literacy*; por ejemplo, alfabetización financiera o competencia lectora, matemática y científica (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2006), sin traducirlo como **literacidad**. Podemos considerar entonces el término alfabetización como traducción de *literacy*.

## Entonces, ¿la alfabetización no solo implica aprender a leer y escribir?

En un sentido amplio, el término alfabetización se refiere al desarrollo de ciertas competencias, habilidades y conocimientos básicos para potenciar las capacidades humanas, mejorar el pensamiento crítico y la salud, así como reducir la pobreza a través de una activa participación política, social y económica (OECD, 2006; Robinson, 2023). Esto denota que un ciudadano necesita tener conocimientos y habilidades matemáticas, científicas, digitales, tecnológicas, financieras, de salud, entre otras, para comprender y analizar información encontrada en textos impresos, digitales y multimedia, de modo que se desenvuelva adecuadamente en su vida diaria. La alfabetización entendida de este modo es un concepto dinámico, que implica un aprendizaje continuo, ya no solo relacionado con leer y escribir.

En la literatura actual es posible encontrar estudios sobre alfabetización científica, matemática, lectora, digital, estadística, ambiental o financiera, por mencionar algunos ejemplos (Marín & Castañeda, 2023; OCDE, 2018; OCDE, 2006), que indican la alfabetización mínima que el ciudadano futuro requiere para su participación en ámbitos sociales, económicos, de comunicación y científicos. Es importante mencionar que la alfabetización no pretende que el ciudadano sea necesariamente un experto, solo se refiere a los conocimientos mínimos que éste requiere para desenvolverse en la sociedad.



**Figura 2.** Distintos tipos de alfabetización requeridos en la sociedad del conocimiento.

## ¿Existe alguna diferencia entre literacidad y alfabetización?

Algunos autores expresan que literacidad y alfabetización son términos distintos, y emplean **literacidad** en un sentido amplio de la lectoescritura, en tanto que limitan el término alfabetización a enseñar a leer y escribir. Mientras que literacidad no figura aún en el diccionario, alfabetización es sinónimo de instruir y adiestrar (Real Academia Española, s. f.), que se ajusta al propósito del término *literacy* planteado por la UNESCO y la OECD sobre formar para la vida. Esto conduce a plantear el término alfabetización como la traducción más adecuada para *literacy*. Por lo tanto, alfabetización lectora o alfabetiza-

ción literaria puede utilizarse para describir lo que se expresa como literacidad en la lengua española; o en su caso, se sugiere definir **literacidad** como un nuevo vocablo, sin hacer referencia a su raíz anglosajona, del cual ha sido traducido de forma literal y con un significado parcial respecto al significado actual de literacy planteado por la UNESCO y la OECD.

## Conclusión

La elaboración de planes y programas de estudios, modelos educativos, leyes, reglamentos y políticas públicas requiere que los conceptos, y por tanto los propósitos a alcanzar, sean revisados minuciosamente y entendidos adecuadamente. Para lograrlo, se sugiere revisar las actualizaciones propuestas a los conceptos empleados en el campo educativo, de modo que se considere su esencia, significado y propósito. La UNESCO y la OCDE coinciden con el modelo de Nueva Escuela Mexicana en una educación para toda la vida, por lo que sería importante también una coincidencia en conceptos y definiciones.

## Referencias

- Academia Española. (s. f.). Diccionario de la lengua española (23. [versión 23.8 en línea]). Recuperado 10 de febrero de 2025, de <https://dle.rae.es>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Última reforma publicada DOF 22-03-2024). (1917). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

- Marín, V. I., & Castañeda, L. (2023). Developing Digital Literacy for Teaching and Learning. En O. Zawacki-Richter & I. Jung (Eds.), *Handbook of Open, Distance and Digital Education* (pp. 1089-1108). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-2080-6\\_64](https://doi.org/10.1007/978-981-19-2080-6_64)
- OCDE. (2018). Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD/INFE Toolkit for Measuring Financial Literacy and Financial Inclusion.
- OCDE (2006), Organisation for Economic Co-operation and Development. *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264026407-en>
- Robinson, C. (2023). Literacy. En F. Maggino (Ed.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* (pp. 3928-3932). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-17299-1\\_1662](https://doi.org/10.1007/978-3-031-17299-1_1662)
- Street, B. V. (2005). Paper commissioned for the EFA Global Monitoring Report 2006, Literacy for Life. UNESCO.
- Subsecretaría Educación Media Superior. (2019, agosto 8). *La Nueva Escuela Mexicana: Principios y orientaciones pedagógicas*. <https://dgb.sep.gob.mx/storage/recursos/marco-curricular-comun/YJkGKTHatN-NEMprincipiosyorientacionpedagogica.pdf>
- UNESCO. (s. f.). Literacy. Definition. Glossary. Recuperado 10 de febrero de 2025, de <https://uis.unesco.org/en/glossary-term/literacy>

## Sobre la autor

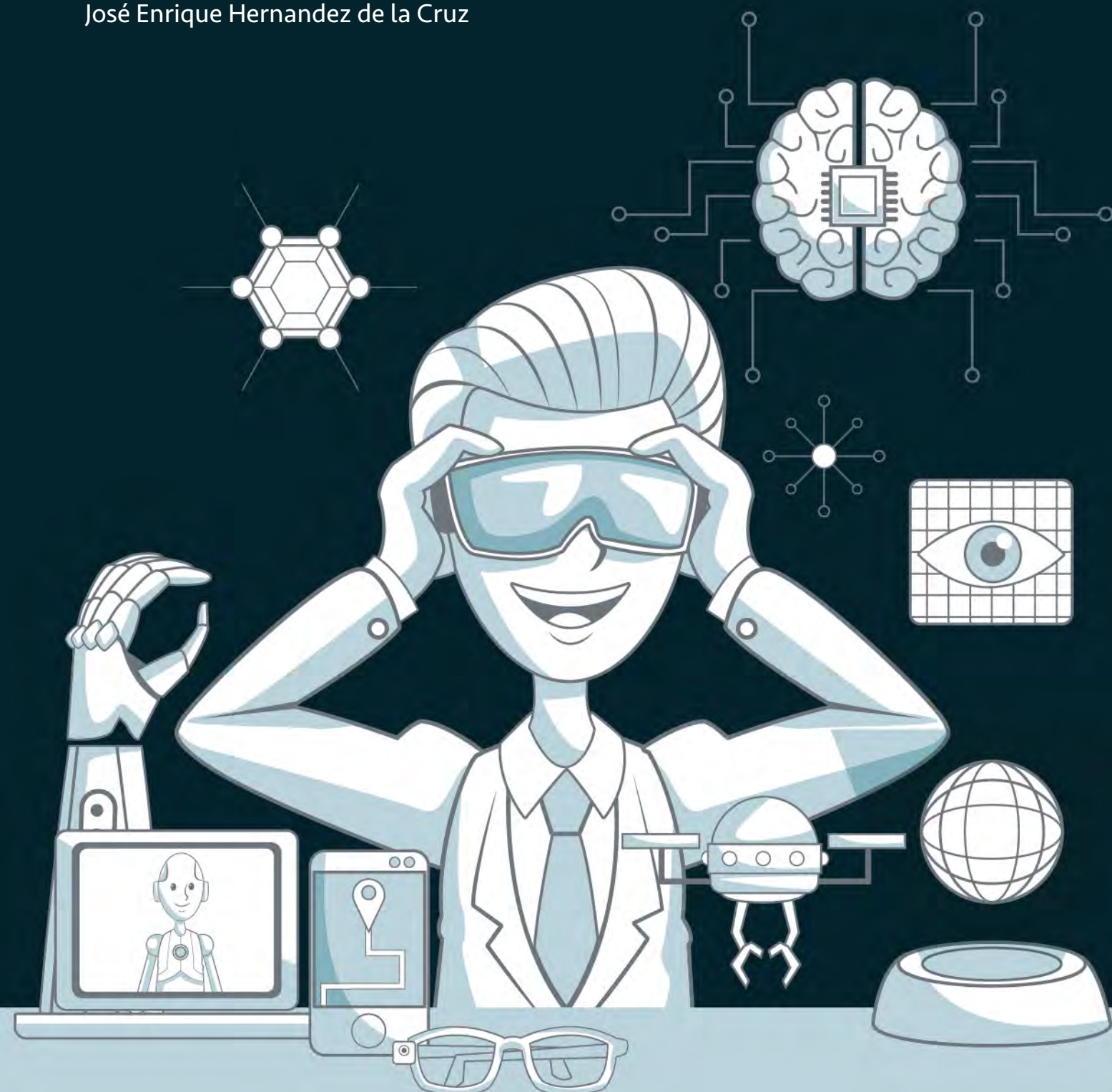
**Nahum Galindo Vargas**, estudiante de Doctorado en Ciencias del Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, interesado en la enseñanza de las ciencias. Email: [ngalindov2000@alumno.ipn.mx](mailto:ngalindov2000@alumno.ipn.mx)





# Divulgación de la ciencia: Una Mirada a la Formación Científica

José Enrique Hernandez de la Cruz



## Resumen

La divulgación científica es clave para acercar el conocimiento a la sociedad, fomentar el pensamiento lógico y despertar vocaciones científicas, especialmente en niños y jóvenes. Se considera un arte, pues transforma el conocimiento especializado en contenidos accesibles y atractivos, fortaleciendo la educación y la conciencia ambiental. En la era digital, medios como redes sociales, televisión y radio han ampliado el alcance de la ciencia, permitiendo su difusión a públicos diversos. Además, la investigación es pilar fundamental de la divulgación, ya que ambas actividades se complementan para generar y compartir saberes. Sin embargo, persisten desafíos como la formación de jóvenes divulgadores, el desinterés científico y la desinformación. Programas como el Verano de la Investigación Científica de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco demuestran cómo es posible motivar nuevas generaciones de investigadores y comunicadores de la ciencia. La capacitación docente y la participación institucional son esenciales para extender el conocimiento a todos los rincones del país.

## Introducción

Hablar de la divulgación de la ciencia, es mencionar grandes formas de crear soluciones que busquen el crecimiento científico en niños y jóvenes, podemos mencionar que la ciencia es parte fundamental para crear una

mejor calidad de vida para la sociedad y sobre todo en el tema ambiental. La ciencia a lo largo de los años ha tenido grandes mentes científicas que revolucionan una disciplina.

La ciencia se ha mantenido firme que, divulgará se ha considerado como parte fundamental para la formación de nuevas mentes brillantes que permitan innovar y generar conocimiento. Cabe recalcar que la divulgación se ha convertido en un Arte, debido a que se crean nuevas formas de interactuar con ciencia y se mantiene un acercamiento al desarrollo del saber científico.

En el ámbito académico, la divulgación científica se vuelve aún más relevante, ya que permite a los estudiantes universitarios ampliar su visión, adquirir habilidades de comunicación científica y participar activamente en la promoción del conocimiento. Como se menciona la divulgación abre una nueva puerta a la diversidad del conocimiento la cual esto puede mejorar al razonamiento o pensamiento lógico.

## Divulgación de la Ciencia o Científica

Se le llama divulgación científica al conjunto de actividades que interpretan y hacen accesible el conocimiento científico al público general, es decir, a todas aquellas labores que llevan el conocimiento científico a las personas interesadas en entender o informarse de él. La divulgación pone su interés no solo en los descubrimientos científicos del momento, sino también en teorías más o

menos bien establecidas o aceptadas socialmente o incluso en campos enteros del conocimiento científico.

La divulgación de la ciencia o científica es comunicar el interés de niños, jóvenes y adultos por la ciencia, y que, a partir de la misma, se generen proyectos científicos que ayuden a mejorar la calidad de vida de la sociedad y sobre todo el medio ambiente. La ciencia se ha convertido en parte fundamental para el crecimiento de la educación y divulgación dentro y fuera de una institución.

En la parte contextual la divulgación de la ciencia se define en; de quién es el público y quiénes son los expertos depende, por tanto, de las circunstancias de modo y lugar que caracterizan cada escenario particular de divulgación científica. Y por ello, las respuestas que se den no solo a qué se dice, sino también a cómo, dónde, cuándo y para quién se dice, determinarán diferentes tipos de tránsito del conocimiento en la sociedad, y de esa manera, también diferentes tipos de expertos y de públicos, además de diferentes funciones para la divulgación científica con respecto a esos grupos.

## La Ciencia en los Medios Comunicativos

Con el avance tecnológico, la ciencia y su divulgación ha podido trascender de manera significativa, a partir de la investigación precisa por grandes científicos la ciencia ha

podido ser transmitida por medios como: redes sociales, la cual miles de usuarios interesados por la ciencia interactúan de forma constante en páginas y / o grupos de Facebook una de las redes con la mayor cantidad de usuarios en el mundo, si bien la cantidad de usuarios no es la esperada siempre se busca llevar la ciencia por este medio; Tv, como tal es un medio más visual en la cual se han transmitidos programas sobre la ciencia un ejemplo es Cosmos, un programa que ha llevado la ciencia a través de una interacción muy importante y ha sido explicada por el famoso Astrofísico y Escritor Neil DeGrasse Tyson, otro claro ejemplo de transmisión de la ciencia por este medio es famoso programa *The Big Bang Theory* (en español *La Teoría del Big Bang*) este programa sin duda ha llevado la explicación de la ciencia de forma humorística sin duda han sido claro ejemplo por este medio; Radio, la comunicación de la divulgación ha sido muy transcendental debido a que es y sigue siendo un medio por la cual da la facilidad para muchos saber de la ciencia. La participación de los medios para la divulgación de la ciencia sin duda siempre ha sido fundamental para compartir el conocimiento desde los niños hasta los adultos y hoy en día con el constante avance de la tecnología la ciencia sigue llegando a los rincones de cada región en el mundo. Medios como la radio han permitido la participación de diferentes investigadores compartiendo el conocimiento científico de manera eficiente comprensible para el público no especializado.

## La Investigación dentro de la divulgación

La investigación sin duda ha formado parte esencial en la ciencia debido a que esta funciona como un rompecabezas ya que ambas se combinan para generar conocimiento principalmente en los jóvenes de estudios medio superior y superior debido a que para poder generar ese conocimiento de un tema se necesita de una investigación previa para poder llevar a cabo esa divulgación de forma precisa.

La investigación en sentido amplio y hermenéutico es una actividad por medio de la cual el hombre busca de forma reflexiva conocer la realidad y orientarse en ella. Ineludiblemente esta acción lleva aparejada la necesidad de compartir y divulgar el conocimiento para luego ser comprendido. La divulgación promueve lo epistémico del acto investigativo. En este sentido, la importancia de la divulgación es fundamental para el proceso de investigación por cuanto se está en contacto con los pares del mundo científico. Es una actividad en la que los estudiosos de un área específica dan cuenta de los resultados y/o avances de sus investigaciones, de esta manera se crea una red de información que resulta vital para el avance en conjunto de la comunidad académica. La divulgación científica permite que el mundo académico pueda apreciar, comparar, cuestionar o quizá reinterpretar los resultados de las investigaciones que le interesen, permitiendo entre otras opciones iniciar nuevos estudios y proyectos.

## Desafíos

Si bien estamos en la era digital con acceso fácil para comunicar, publicar, exponer y llevar la ciencia y desarrollar el conocimiento, existen otros desafíos que ponen en jaque a la comunidad científica y una de ellas es la formación ya no de investigadores que llevan a cabo las investigaciones de un tema en específico para la sociedad si no la formación de divulgadores e investigadores jóvenes a la vez y esto permite centrar un canal diferente de lenguaje más simple más flexible para la sociedad y sin embargo, ha sido un reto formar jóvenes por la ciencia, lo cual puede generar:

- Desinterés en la ciencia
- Menor innovación
- Desinformación
- Brecha de conocimiento

## La Formación Científica Jóvenes

La investigación científica en los diferentes campos de las ciencias es un pilar fundamental porque contribuye a la calidad de vida y bienestar de las personas, en la formación de nuevos profesionales y en el desarrollo de los profesionales que se encaminan hacia la investigación. Asimismo, podemos resaltar que en función a los diferentes tipos de investigación sea básica que contribuye al



nuevo conocimiento o investigación aplicada que genera cambio en la condición de la problemática encontrada bajo un diagnóstico desarrollado o investigación tecnológica e innovación que conlleva al desarrollo bajo los diferentes aspectos que la sociedad nos demanda, fortalecen la condición académica científica de las entidades de educación superior y del Estado al cual representan.

La formación de jóvenes en la ciencia en torno a formarse como investigadores o divulgadores es una parte fundamental para generar ese interés científico y el desarrollo de nuevas habilidades y reforzar aquellas que ya se tienen, hoy en día existen o hay instituciones que se dedican a descubrir estos jóvenes como la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y Técnica A. C. que a nivel nacional busca reforzar aquellos conocimientos de jóvenes divulgadores ya en la ciencia. En el estado de Tabasco existe un esfuerzo grande en el cual se busca formar e interesar a jóvenes como investigadores y divulgadores de la ciencia mediante las distintas instituciones educativas de nivel superior como lo es la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), la cual mediante su programa Verano de la Investigación Científica – Vocaciones Científicas (Figura 1) la cual durante Veinte Ediciones se busca generar el pensamiento y análisis científico en los jóvenes y descubrir a aquellos que tienen el potencial de ser grandes investigadores y divulgadores científicos o de la ciencia y así formando la nueva generación de nuevos jóvenes científicos a nivel estatal y nacional.



**Figura 1.** Verano de Investigación Científica Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Fuente: Adaptado de Inauguración del Verano Científico UJAT [Fotografía], por Dirección de Investigación, 2024.

Se destaca sin duda la participación del trabajo en la formación de jóvenes y profesores en el ámbito no solo de la investigación sino de la divulgación (Figura 2); la cual permite mediante charlas motivadoras, capacitaciones que han permitido la formación de jóvenes para lograr ser a futuros grandes investigadores y divulgadores permitiendo extender el conocimiento de manera eficiente a cada rincón del Estado.



**Figura 2.** Plática motivacional y capacitación en investigación y divulgación. Fuente: Fotografía propia.

## Conclusión

Finalmente se ha podido destacar que la formación científica a través de programas como el verano científico se puede generar esa vocación científica en jóvenes y esto ha permitido el crecimiento del conocimiento de la ciencia no solo en el estado sino a nivel nacional, sin duda la participación y el compromiso de profesionales en investigaciones han determinado la posibilidad de ayudar a jóvenes en la guía y en el camino de la investigación y divulgación y capacitando a profesores que de igual comienzan en este ardua formación científica.

## Referencias

- Delgado Bardales, J. M. (2021). La investigación científica: su importancia en la formación de investigadores. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinaria*, 5(3), 1-2. [https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.476](https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.476)
- Dirección de Investigación. (2024). Verano de la Investigación Científica UJAT. [Fotografía]
- Escobar-Ortiz, M., y Rincón-Álvarez, A. (2018). La Divulgación de la Científica y sus Modelos Comunicativos: Algunas Reflexiones Teóricas para la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Colombiana De Ciencias Sociales*, 10(1), 135-154. <https://doi.org/https://doi.org/10.21501/22161201.3062>
- Hernández de la Cruz, J. E., y Juárez Solís, S. (2023). Divulgación Científica en Los Alumnos de la División Académica de Ciencias Económico Administrativas, Universidad

Juárez Autónoma De Tabasco A Través De La Percepción De Profesores Investigadores. *Universita Ciencia*, 11(32), 58-75. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10290210>

Rivas Torres, F. (2017). La importancia de la Divulgación Científica en la investigación. *Sapienza Organizacional*, 4(8), 241-244. <https://www.redalyc.org/journal/5530/553056607011/html/>

Sanchez Fundora, Y., y Roque Gracia, Y. (2011). La divulgación científica: una herramienta eficaz en centros de investigación. *Revista Publi....Caciones*, 11(7), 1-4.

## Sobre el autor

**Lic. José Enrique Hernández de la Cruz.** Investigador y Divulgador, cuya línea de investigación se centra sobre la innovación y sostenibilidad en las organizaciones, estudios socioeconómicos y divulgación e investigación universitaria, parte de la dirección de investigación adscrita a la Secretaría de Investigación, Posgrado y Vinculación de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Miembro del Sistema Estatal de Investigadores 2024 - 2025, Miembro del Padrón Estatal de Investigadores desde el 2024, Miembro de la Red de Evaluadores de Proyectos Científicos, Tecnológicos e Innovación (REDEVALUA) 2025-2027, Miembro y Coordinador de Vinculación e Internacionalización de la Red Internacional de Investigadores en Innovación y Desarrollo Sostenible. Email: [enrique\\_09\\_hernandez@outlook.es](mailto:enrique_09_hernandez@outlook.es)



# CONVOCATORIA

El Consejo Editorial de la revista digital PaCiencia Pa'Todos invita a la comunidad académica y al público interesado a enviar artículos de divulgación científica para su publicación.

PaCiencia Pa'Todos es una revista digital de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, adscrita a la Cátedra UNESCO Universidad e Integración Regional. De carácter semestral, tiene como propósito acercar la ciencia, la tecnología, la cultura y el arte a un público amplio, en especial a jóvenes de bachillerato y licenciatura interesados en el conocimiento.

Las contribuciones deben estar redactadas en un lenguaje claro, ágil y atractivo, evitando tecnicismos innecesarios. En caso de emplear términos especializados, estos deberán explicarse de manera sencilla para garantizar su comprensión por un público diverso. Como parte de nuestras buenas prácticas editoriales, utilizamos el software Compilatio para la detección de plagio y el uso de inteligencia artificial en la redacción de los textos.

En esta edición, el número 19 de la revista está dedicado a reflexionar sobre el tema:

## CULTURA DE PAZ, EN TIEMPOS DE GUERRA

Buscamos artículos que exploren cómo la ciencia, la tecnología, la educación y la cultura han contribuido a la construcción y fortalecimiento de una cultura de paz, pero también cómo, en distintos momentos históricos, estas mismas áreas han sido empleadas en el desarrollo y la justificación de la guerra.

Convocatoria abierta hasta el **31 de diciembre de 2025**  
Consulta la política editorial y las recomendaciones para autores, así como el envío de trabajos, en:

<https://publicaciones.aragon.unam.mx>

### Contacto:

[pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com](mailto:pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com)



Facultad de  
Estudios  
Superiores  
Aragón  
Órgano oficial de información





# De la planta al planeta: ciencia picante para una sola salud

Estefania Arellano Ordoñez

Christopher Alexis Cedillo Jiménez





## Resumen

El chile habanero, ícono de la cocina mexicana, es también protagonista de investigaciones científicas que buscan reducir el uso de agroquímicos. Su cultivo enfrenta plagas y enfermedades que tradicionalmente se combaten con pesticidas, generando impactos ambientales y en la salud. Una alternativa prometedora es el silenciamiento génico por RNA de doble cadena (dsRNA), una técnica que permite activar defensas naturales de la planta sin modificar su ADN ni dañar el entorno. Esta molécula engaña a plagas o patógenos para que dejen de actuar, reduciendo así la necesidad de químicos. Además, la capsaicina, el compuesto que da el picor al chile, tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y analgésicas, lo que refuerza su valor medicinal y cultural. Esta biotecnología representa una opción viable, temporal y precisa para proteger cultivos y avanzar hacia prácticas agrícolas más sostenibles.

## Ciencia picante para un futuro con menos agroquímicos

En los mercados del suroeste mexicano, hay algo que nunca falta: una canastita con chiles habaneros frescos, anaranjados o verdes, relucientes como pequeñas linternas. Pican, sí, y mucho, pero también curan, sazonan el caldo y, como dirían nuestras abuelas, “despiertan hasta al más dormido”.

Lo que pocos imaginamos es que, más allá de ese momento picante, este chile está en el centro de investigaciones científicas que buscan, quizá, cultivar sin tantos químicos, comer sin miedo y cuidar la tierra desde la raíz.

Cultivar chile habanero en México no es tarea fácil. Aunque esta planta es resistente al calor y a ciertos tipos de estrés, es vulnerable a numerosas enfermedades y plagas, como la antracnosis, la marchitez bacteriana o los ataques de insectos. Para combatir estos enemigos, muchos productores recurren a cócteles de agroquímicos, mezclando fungicidas, insecticidas y fertilizantes, a menudo sin asesoría técnica ni equipo de protección.

Según cifras de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), el uso de pesticidas en cultivos hortícolas ha aumentado en las últimas décadas. Esto ha provocado un incremento en casos de intoxicación aguda entre trabajadores de campo, así como la contaminación de suelos y cuerpos de agua.

En regiones productoras como la Península de Yucatán, esta situación genera un doble problema: la necesidad de mantener la producción para subsistir y los impactos en la salud humana y ambiental, que con frecuencia se ignoran.

Lo más preocupante es que estos productos químicos no solo matan plagas, sino que también alteran comunidades microbianas beneficiosas y afectan a los polinizadores. Así, un chile que parece sano por fuera

puede esconder impactos invisibles. ¿Cómo romper con este ciclo sin poner en riesgo el sustento de quienes cultivan? La respuesta podría venir desde la ciencia.

Aquí es donde entra una rama de la ciencia que suena complicada, pero que, bien explicada, se parece mucho a lo que hacen nuestros cuerpos: detectar amenazas y apagarlas. Lo llamaremos silenciamiento génico. Suena extraño porque actúa a nivel de genes, esos mensajitos que indican a las células qué hacer.

Esta técnica utiliza una molécula especial llamada RNA de doble cadena (dsRNA, por sus siglas en inglés). Es como si alguien escribiera un mensaje falso para engañar a un virus o plaga, diciéndole: “Eh, tú, no te reproduzcas”. Y... ¡funciona!

Imagina que estás en una fiesta y alguien comienza a hablar con un tono incómodo y alto. Alguien se le acerca, le susurra algo al oído, y la persona guarda silencio. Eso es lo que hace el dsRNA: llega con un mensaje dirigido y silencia una función específica, sin hacer ruido y sin dañar al resto del sistema. En las plantas, esto significa que el chile habanero puede activar sus defensas naturales contra hongos o insectos, sin necesidad de aplicar químicos que podrían dañar el entorno.

El silenciamiento génico inducido por dsRNA aprovecha un mecanismo natural de defensa presente en las células. Las plantas, al igual que los animales, reconocen RNA extraño —como el que usaría un virus— y lo de-

gradan antes de que cause daño. Al introducir dsRNA diseñado para imitar secuencias específicas, podemos “engañar” a la planta para que silencie genes problemáticos.

¿Y cómo se aplica? Una forma común es pulverizar una solución de dsRNA sobre las hojas. La planta absorbe esta molécula y sus enzimas la procesan en fragmentos pequeños llamados siRNAs (RNAs pequeños interferentes). Estos fragmentos actúan como guías que se unen al RNA mensajero del gen objetivo, bloqueando y evitando que se produzca la proteína correspondiente. Si el gen codifica una enzima que un hongo usa para infectar, o una proteína que aumenta la susceptibilidad de la planta, su función se detiene. Este mensaje no se integra al genoma ni permanece para siempre; es como un recordatorio breve: la planta lo usa, reacciona y luego lo degrada.

Además, como el dsRNA puede producirse en laboratorio o mediante bacterias, su costo ha bajado en años recientes, lo que abre la puerta a su uso no solo en monocultivos grandes, sino también en espacios familiares o comunitarios.

El impacto de esta tecnología es enorme, aunque no se vea a simple vista. Menos plaguicidas significa menos residuos tóxicos, menos contaminación de mantos acuíferos, menos intoxicaciones en productores y suelos que pueden recuperarse. Esto se alinea con una idea que cada vez toma más fuerza: **“un planeta, una salud”**, la noción de que no puede haber salud humana sin salud ambiental y animal.

## La capsaicina como aliada de la salud

La capsaicina, responsable de la sensación ardiente del chile, es un metabolito secundario: no es esencial para la vida de la planta, pero sí la protege. Actúa como defensa contra depredadores, plagas e insectos, funcionando como un lenguaje químico de supervivencia desarrollado durante millones de años.

En el chile habanero (Figura 1), los niveles de capsaicina son muy altos, posicionándolo entre los más picantes del mundo. Pero lejos de ser solo un “castigo” culinario, la capsaicina ha sido estudiada por sus propiedades medicinales, incluyendo efectos antioxidantes, antiinflamatorios, antimicrobianos, analgésicos y termogénicos (Liu & Nair, 2010; Chel-Guerrero et al., 2022). Por ello, también se investiga su potencial para tratar dolor crónico y enfermedades metabólicas (Alonso-Villegas et al., 2023).



**Figura 1.** Corte longitudinal de un fruto maduro de chile habanero, se muestra el sitio de biosíntesis de la capsaicina conocido como placenta. Esta región también conecta con las semillas y es uno de los tejidos clave en investigaciones sobre expresión génica relacionada con la biosíntesis de capsaicina.

## ¿Cómo funciona todo eso?

Imagina que el cuerpo humano es una ciudad. Cuando entran sustancias nocivas, como los radicales libres, se activan sistemas de defensa. La capsaicina, al igual que otros compuestos del chile, ayuda a neutralizar estas sustancias reactivas, reduciendo el daño celular. Además, activa rutas moleculares que controlan la inflamación y el metabolismo, e incluso influye en la percepción del dolor a través del receptor TRPV1 (conocido por ser el receptor de la capsaicina).

Más allá de lo médico, la capsaicina también participa en algo mucho más cotidiano: el sabor como experiencia emocional. Porque sí, aunque muchas personas digan que “el chile solo pica”, lo cierto es que la percepción del picor es también una vivencia cultural. En 2019, un estudio reportado por la BBC mostró que las personas acostumbradas a consumir chile regularmente desarrollan una menor percepción de riesgo ante el picante. En cambio, quienes no lo consumen lo perciben como un estímulo de alerta. Este contraste nos lleva a entender cómo el chile no es solo un alimento, sino símbolo, frontera y puente entre lo ancestral y lo moderno.

## Silenciar genes para cultivar esperanza

Aquí el trabajo con silenciamiento génico cobra sentido. No se busca que el chile “deje de picar” ni que se vuelva un organis-

mo transgénico. Por el contrario, esta técnica ayuda a la planta a potenciar sus propias capacidades, sin introducir genes externos ni modificar su ADN.

Esta tecnología también puede interferir directamente en genes de organismos que afectan a las plantas, como hongos o bacterias patógenas (San Miguel & Scott, 2020), silenciando genes clave para su infección o reproducción. Es decir, en lugar de atacar con agroquímicos, se induce a estos organismos a “guardar silencio” desde adentro.

Estas pequeñas moléculas de dsRNA son reconocidas como advertencias biológicas. Al percibirlas, la planta activa sus mecanismos de defensa: puede dejar de expresar un gen, activar una respuesta de resistencia o redirigir su metabolismo. Es como dar una instrucción escrita en un idioma que la planta sabe leer, pero que solo obedece mientras la señal está presente. No se modifica su ADN ni queda marca permanente; el mensaje es temporal, degradable y altamente específico (Das & Sherif, 2020).

Esta cualidad hace que el silenciamiento génico por dsRNA sea muy atractivo. No es invasivo, no deja huella y se puede ajustar con precisión a la necesidad de cada cultivo o situación. En lugar de aplicar agroquímicos generalizados, que matan tanto lo bueno como lo malo, se actúa puntualmente, como un bisturí molecular que apunta solo a lo necesario.

Aunque aún queda mucho por descubrir sobre esta herramienta biológica, es una oportunidad para repensar nuestra relación con los cultivos, el ambiente y la comida. Si

queremos una salud integral, no basta con atender al ser humano en hospitales, sino también cuidar lo que recibe la tierra, corre en los ríos, nutre a las plantas y respiran quienes siembran.

Desde esta perspectiva, el dsRNA no es una moda ni un lujo de laboratorio, sino una propuesta que encaja con la filosofía de “un planeta, una salud”. Permite combinar la precisión científica con la sabiduría agrícola, la innovación con el respeto a la vida.

Porque el futuro no solo se siembra, también se escucha, se regula y, a veces, se silencia. Con cuidado, con conciencia, con sabor.

## Conclusión

El silenciamiento génico por dsRNA abre la puerta a una agricultura más limpia, saludable y respetuosa con el medio ambiente, combinando ciencia de vanguardia con tradición alimentaria.

## Referencias

- Alonso-Villegas, R., González-Amaro, R. M., Figueroa-Hernández, C. Y., & Rodríguez-Buenfil, I. M. (2023). The Genus *Capsicum*: A Review of Bioactive Properties of Its Polyphenolic and Capsaicinoid Composition. *Molecules*, 28(10), 4239. <https://doi.org/10.3390/molecules28104239>
- Chel-Guerrero, L. D., Castañeda-Corral, G., López-Castillo, M., Scampicchio, M., Morozova, K., Oney-Montalvo, J. E., Ferrentino, G., Acevedo-Fernández, J. J., & Rodríguez-Buenfil, I. M. (2022). In Vivo Anti-Inflammatory



Effect, Antioxidant Activity, and Polyphenolic Content of Extracts from *Capsicum chinense* ByProducts. *Molecules*, 27(4), 1323. <https://doi.org/10.3390/molecules27041323>

Das, P. R., & Sherif, S. M. (2020). Application of Exogenous dsRNAs-induced RNAi in Agriculture: Challenges and Triumphs. *Frontiers in Plant Science*, 11, 946. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00946>

Liu, Y., & Nair, M. G. (2010). Capsaicinoids in the hottest pepper Bhut Jolokia and its antioxidant and antiinflammatory activities. *Natural Product Communications*, 5(1), 91-94. <https://doi.org/10.1177/1934578X1000500122>

San Miguel, K., & Scott, J. G. (2020). RNAi: What is its position in agriculture? *Journal of Pest Science*, 93, 1125-1130. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01238-2>

## Sobre los autores/as

**Estefania Arellano.** Lic en Ingeniería Agroindustrial y estudiante de Ciencias de la Comunicación y Periodismo en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Línea de investigación RNA interferente en plantas.  
Email: ordonezstephan85@gmail.com

**Dr. Christopher Alexis Cedillo-Jiménez.** Profesor de tiempo completo, cuya línea de investigación se centra en el silenciamiento génico aplicado a sistemas biológicos de interés agroindustrial y sanitario. Adscrito a la Facultad de Ingeniería, Campus Amazcala, de la Universidad Autónoma de Querétaro. Fundador del Laboratorio de Tecnociencias y editor de la revista *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*. Promotor de proyectos de arte-ciencia-tecnología y de la comunicación pública de la ciencia.  
Email: c.cedilloc@gmail.com





# Metales pesados en los campos agrícolas de México: una amenaza invisible, estudiada desde las ciencias paisajísticas

Luis Eduardo Herrera Figueroa  
Francisco Rodríguez González  
Silvia Viridiana Vargas Solano  
Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita

## Resumen

Los metales pesados están presentes de manera natural en el ambiente, pero se han convertido en una amenaza compleja debido a las actividades humanas como la minería, la industria, y prácticas agrícolas intensivas. Su mal manejo provoca acumulación en suelos agrícolas, donde elementos como plomo, arsénico y cadmio pueden ser absorbidos por plantas o animales, llegando así a los alimentos y afectando la salud humana y ambiental. Frente a esta problemática, las ciencias paisajísticas ofrecen una visión holística que integra áreas del conocimiento como la geología, la economía, la agricultura, la política, la hidrología y la cultura local se entrelazan para influir en la dispersión y acumulación de metales pesados en los paisajes agrícolas. Gracias a esta comprensión sistémica, es posible diseñar estrategias para la mitigación de los efectos de los metales pesados, como lo son: la biorremediación, el uso de prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, el monitoreo ambiental, políticas públicas efectivas, además, se subraya la importancia de la conciencia ciudadana para enfrentar el problema de manera colectiva. Comprender el paisaje como un sistema interconectado es esencial para garantizar la seguridad alimentaria, la salud y la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas y de las comunidades que lo habitan en México.

## Introducción

Cuando hablamos de metales pesados se suele pensar en las pesas de un gimnasio, en grandes vigas de metal o incluso en los poderes de magneto para mover grandes cantidades de este material, sin embargo, en química un metal pesado es un elemento de la tabla periódica que suele tener una densidad molecular mayor a  $5 \text{ g/cm}_3$  (Singh & Susan, 2018), y algunos son metales transicionales como el: titanio (Ti), cromo (Cr), mercurio (Hg). Los metales pesados se encuentran presentes de forma natural en el ambiente, en cantidades inofensivas y hasta algunos de ellos son necesarios para el desarrollo de la vida, como es el caso del hierro (Fe) y el zinc (Zn), no obstante, desde la época de la revolución industrial debido a la gran explotación de recursos, y cambios en muchos procesos de minería, transporte, agricultura y demás, los niveles de metales pesados en algunas partes del planeta como en zonas urbanas y agrícolas se volvieron alarmantes, ya que estos pueden bioacumularse, lo que quiere decir que, si se encuentran en un campo de cultivo, pueden ser absorbidos por plantas o animales y luego terminar en nuestros alimentos, lo que implica una amenaza a la seguridad del suelo, los cultivos, los alimentos y la salud, estas son algunas de las muchas razones por las que los metales pesados son tan importantes y las ciencias paisajísticas son perfectas para estudiarlos porque tienen

una visión holística, lo que les permite analizar problemas de la mayor cantidad de perspectivas posibles. Por lo tanto, en este artículo, describe cómo estos elementos afectan el medio ambiente no solo desde la química, sino desde la perspectiva paisajística.

## ¿Qué son los Metales Pesados y por qué nos importan?

Para empezar, aclaremos qué son estos “metales pesados” de los que tanto se habla. Como ya mencionamos con anterioridad, no son pesados en el sentido de que los puedas levantar y sentir su peso; el término se refiere a su densidad atómica y más importante, a su toxicidad en concentraciones elevadas. Son elementos químicos que se encuentran naturalmente en la corteza terrestre y se pueden dividir en dos grupos, primero los metales pesados esenciales que son aquellos necesarios para que los organismos se desarrollen, dentro de este grupo están: calcio (Ca), cobre (Cu), Fe y Zn. Y por otra parte tenemos los no esenciales, estos no tienen alguna función en el desarrollo de los organismos y en este grupo están: cobalto (Co), níquel (Ni), Ti, plomo (Pb), arsénico (As) y cadmio (Cd). En este sentido estos últimos tres elementos son los que presentan mayor toxicidad de acuerdo con el Departamento de Salud y Servicios Humanos de U.S.A o ATSDR por sus siglas en inglés (ATSDR, 2024).

Entonces, ¿por qué deberían importarnos? La respuesta es sencilla: la contaminación ambiental que producen estos elementos y si estos metales logran entrar al cuerpo, se acumularan y no se eliminan de forma inmediata, causando una variedad de problemas de salud, desde afectaciones neurológicas como el Alzheimer, hasta problemas renales, reproductivos y en casos extremos, cáncer (Yuan et al., 2019). Por lo tanto, para un país como México, donde la agricultura es un pilar fundamental de nuestra economía y cultura, entender y abordar este problema es de vital importancia. El territorio mexicano, con su diversidad geológica y su intensa actividad humana, presenta condiciones propicias para la acumulación de estos elementos en los suelos agrícolas.

## Fuentes de contaminación por metales pesados en la agricultura mexicana

Los metales pesados llegan a los campos de cultivo principalmente por factores antropogénicos como, la minería a cielo abierto, las plantas termoeléctricas, las descargas de aguas residuales y desechos industriales, así como malas prácticas agrícolas (Rashid et al., 2023); además también existen los factores naturales como: los incendios forestales, erupciones volcánicas y lluvias ácidas (Alengebawry et al., 2021). De esta forma la presencia de metales pesados en los suelos agrícolas de México no tiene una única causa; es un problema en el que es



necesario ahondar y conocer su origen, para saber qué decisiones podemos tomar y cómo reducir el riesgo que representan al planeta y a nuestra salud, por esta razón, profundizaremos en las dos principales fuentes de metales pesados que son:

## Fuentes naturales: La herencia geológica

Seguramente has escuchado la frase “la masa no se crea ni se destruye, solo se transforma” atribuida a Antoine Lavoisier (Stern et al., 2011), pues algo así sucede con los metales que han estado presentes en la tierra a lo largo de toda la historia, acumulándose en las múltiples capas geológicas, hasta que procesos naturales como la erosión ocasionada por los ventarrones, tormentas, tornados, huracanes y erupciones volcánicas exponen estos elementos a la superficie. Otra forma en que los metales pesados son liberados al ambiente es a través de los incendios forestales, ya que al quemarse los árboles liberan los elementos que acumularon. Teniendo en cuenta lo anterior y que México es un país con una vasta diversidad geológica y biológica, es común encontrar suelos con concentraciones naturalmente elevadas de ciertos metales, como arsénico o plomo, especialmente en regiones volcánicas o con yacimientos minerales.

Desde la perspectiva paisajística, esto significa que antes de siquiera pensar en la actividad humana, ya existe una cantidad natural de metales pesados, al que los cien-

tíficos determinaron como “valor de fondo” que es la medida en que estos se encuentran en el ambiente, sin que el humano tuviera intervención y sirve de referencia crucial para determinar si las concentraciones actuales son peligrosas o simplemente el resultado de procesos naturales.

## Actividades antrópicas (Humanas): La marca de nuestra huella

Aquí es donde la cosa se complica, ya que nuestras actividades cotidianas y económicas pueden liberar metales pesados en el ambiente a tasas mucho más rápidas de lo que la naturaleza puede procesar, algunos ejemplos de estas actividades son:

- **La minería:** México tiene una rica historia minera, desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad. La extracción por medio de minas ya sea de oro, plata, cobre, plomo, zinc, cal, carbón o algún otro elemento, libera al ambiente grandes cantidades de metales pesados como Pb, As, Cr, Ni, entre otros (Hossen et al., 2021). En este sentido los residuos mineros, conocidos como jales o presas de jales, pueden contener altas concentraciones de metales tóxicos.
- **La Industria:** Las actividades industriales, como la metalurgia, la producción de baterías, la fabricación de cemento y la petroquímica, a menudo liberan metales pesados en

sus emisiones atmosféricas, aguas residuales y residuos sólidos. Si estas industrias están ubicadas cerca de zonas agrícolas, los contaminantes pueden depositarse en el suelo a través de la lluvia ácida o el riego con aguas residuales no tratadas.

- **Aguas Residuales Urbanas e Industriales:** Muchas ciudades en México carecen de plantas de tratamiento de aguas residuales adecuadas, o las que existen no eliminan eficazmente los metales pesados. Cuando estas aguas, cargadas con residuos de hogares e industrias, se utilizan para riego agrícola (una práctica común en algunas regiones por la escasez de agua), los metales pesados presentes en ellas son introducidos directamente en el suelo.
- **Prácticas Agrarias Inadecuadas:** Aunque parezca irónico, la propia agricultura puede ser una fuente de metales pesados, debido a la gran demanda de alimentos causada por la sobrepoblación, el tipo de manejo que se les da a los cultivos es principalmente de manera convencional, lo que quiere decir que utiliza producción intensiva mediante monocultivos, que a su vez son fertilizados y fumigados con productos de origen sintético (Figura 1), lo que por consecuencia acumula estos metales, especialmente en suelos ácidos (do Nascimento Júnior et al., 2021). Algunos ejemplos adicionales de estas malas prácticas son:

1. **Fertilizantes y plaguicidas:** Algunos fertilizantes fosfatados pueden contener Cd, y ciertos plaguicidas (especialmente los de uso más antiguo, como los que contenían arsénico o mercurio) pueden dejar residuos de metales pesados en el suelo. Aunque su uso ha disminuido, su presencia aún puede persistir.
2. **Biosólidos y estiércoles:** Mucha gente tiene la creencia de que todo el excremento de ganado puede ser usado como composta o abono, pero no es así, el uso de biosólidos (lodos de depuradora) o estiércoles de animales que han sido alimentados con concentrados contaminados, pueden introducir metales pesados en el suelo.
3. **Irrigación con agua contaminada:** El uso de agua contaminada (de ríos, pozos cercanos a minas o industrias) para riego es una vía directa de contaminación.



**Figura 1.** Residuos de insumos sintéticos contaminando el paisaje de sorgo morelense. (Fotografía tomada por Herrera-Figueroa).

- **Residuos Sólidos Urbanos (Basura):** Desafortunadamente en México no existe una buena cultura del adecuado manejo de la basura, un ejemplo de esto son los vertederos a cielo abierto, que mal gestionados que pueden lixiviar metales pesados al suelo y al agua subterránea. Si estos vertederos están cerca de campos de cultivo, el riesgo es evidente.

A pesar de que el origen es tan variado, el impacto de los metales pesados en los campos agrícolas es profundo. Desde la disminución de la productividad de los cultivos (ya que las plantas también se ven afectadas por la toxicidad, mostrando retraso en el crecimiento, clorosis o necrosis) hasta la amenaza directa a la salud humana a través de la cadena alimentaria. Las poblaciones rurales, especialmente los niños, son a menudo los más vulnerables debido a la exposición crónica y al consumo de alimentos cultivados localmente (Järup, 2003).

## El paisaje un gran detective: Monitoreo, diagnóstico y estrategias de manejo

A estas alturas probablemente la pregunta en la mesa sea: ¿cómo entra en juego la ciencia del paisaje? Imaginen el paisaje no sólo como un bonito cuadro, sino una compleja obra de arte 3D similar a una telaraña, en la que todos los puntos convergen, incluso el pasado y el futuro. Debido a esto la ciencia

paisajística es la disciplina perfecta para estudiar y resolver este tipo de problemáticas, ya que su visión nos ayuda a entender cómo los diferentes elementos del paisaje desde los volcanes, ríos, ciudades, fábricas, hasta elementos inmateriales como las tradiciones y la cultura, están conectados y funcionan como un sistema complejo.

Por lo tanto, un científico del paisaje, en lugar de mirar solo un campo de cultivo como un sistema inerte, levantaría la vista para observar: la topografía, geología, cuerpos de agua, industrias, leyes, manejo agrario, economía, historia y cultura de las sociedades involucradas alrededor de ese paisaje vivo. De esta manera al unir todas estas piezas, el científico paisajístico puede actuar como un gran detective, identificando las fuentes de contaminación, las rutas de dispersión y los lugares donde los metales pesados se acumulan, creando un “mapa” del problema. Por consiguiente, esta visión holística permite no solo comprender la situación actual, sino también predecir riesgos futuros y diseñar estrategias de mitigación más efectivas que aborden la raíz del problema y no solo sus síntomas.

Afortunadamente, la ciencia del paisaje no sólo diagnostica problemas, sino que también propone soluciones. La comprensión holística del problema es la clave para una gestión efectiva. Aquí algunas estrategias que se pueden implementar: Monitoreo constante del ambiente (Figura 2), biorremediación de sitios contaminados mediante el uso de plantas que absorben los metales pesados o cambiando las propiedades del suelo, para que algunos metales pesados



que se “fijan” tengan mayor movimiento y no se acumulen, también mediante las buenas práctica agrícolas y el uso de insumos amigables con el medio ambiente, la buena gestión del agua de riego, la regulación de algunas políticas públicas y sobre todo una de las más importantes, la concientización ciudadana y la información accesible de lo que sucede en el paisaje que los rodea.



**Figura 2.** Análisis de muestras de suelo mediante digestión ácida, utilizando espectrometría óptica acoplada inductivamente. (Fotografía tomada por Herrera-Figueroa).

Así pues, la ciencia del paisaje nos ofrece una visión integral de los problemas ambientales, permitiéndonos ver cómo todo está conectado. Los metales pesados en los campos de cultivo de México no son solo un problema local; son un reflejo de cómo interactuamos con nuestro entorno a una escala mayor. De este modo recuerden, cada vez que vean un campo de cultivo (Figura 3), piensen en todas las fuerzas invisibles que actúan sobre él, desde las entrañas de la tierra, hasta las manos de los agricultores y finalmente, a sus mesas, la historia de nuestros alimentos es una historia de interacciones complejas.

Entender estos complejos sistemas es el primer paso para construir un futuro más seguro y sostenible. Ustedes, como la próxima generación de científicos, ingenieros, agricultores y ciudadanos, tienen un papel fundamental en este desafío. Al aplicar un pensamiento crítico, una perspectiva holística y el conocimiento de la ciencia del paisaje, podemos trabajar juntos para proteger nuestros suelos, nuestros alimentos y por ende nuestra salud, asegurarnos un futuro de prosperidad, abundancia y sostenibilidad para todos los mexicanos. ¡El paisaje nos espera, y hay mucho por descubrir y proteger!



**Figura 3.** Paisaje agrario en Tepoztlán, Morelos. (Fotografía tomada por Herrera-Figueroa).

## Referencias

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2024, 12 de noviembre). Substance Priority List. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.atsdr.cdc.gov/programs/substance-priority-list.html>
- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M.-Q. (2021). Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics*, 9(3), 42. <https://doi.org/10.3390/toxics9030042>
- do Nascimento Júnior, A. L., de Q. Paiva, A., da S. Souza, L., Souza-Filho, L. F., Souza, L. D., Fernandes Filho, E. I., Schaefer, C. E. R. G., da Silva, E. F., Fernandes, A. C. O., & da S. Xavier, F. A. (2021). Heavy metals distribution in different parts of cultivated and native plants and their relationship with soil content. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(1), 225–240. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02859-x>
- Hossen, Md. A., Chowdhury, A. I. H., Mullick, Md. R. A., & Hoque, A. (2021). Heavy metal pollution status and health risk assessment vicinity to Barapukuria coal mine area of Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 16, 100469. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100469>
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Rashid, A., Schutte, B. J., Ulery, A., Deyholos, M. K., Sanogo, S., Lehnhoff, E. A., & Beck, L. (2023). Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil: Environmental Pollutants Affecting Crop Health. *Agronomy*, 13(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061521>
- Singh, N. B., & Susan, A. B. H. (2018). 21—Polymer nanocomposites for water treatments. En M. Jawaid & M. M. Khan (Eds.), *Polymer-based Nanocomposites for Energy and Environmental Applications* (pp. 569–595). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102262-7.00021-0>
- Sterner, R. W., Small, G. E., & Hood, J. M. (2011). The conservation of mass. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 20. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/the-conservation-of-mass-17395478/>
- Yuan, X., Xiong, T., Yao, S., Liu, C., Yin, Y., Li, H., & Li, N. (2019). A real field phytoremediation of multi-metals contaminated soils by selected hybrid sweet sorghum with high biomass and high accumulation ability. *Chemosphere*, 237, 124536. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124536>

## Sobre los autores/as

- M. en. C. Luis Eduardo Herrera Figueroa.** Especialista en entomología, agroecología y pasaje. Estudiante del Doctorado en ciencias en Conservación del Patrimonio paisajístico del Instituto Politécnico Nacional. Email: lherreraf1700@alumno.ipn.mx.
- Dr. Francisco Rodríguez González.** Profesor-Investigador del departamento de biotecnología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico nacional, cuya línea de investigación es sobre el estudio y aprovechamiento de biomoléculas para la biotecnología ambiental. Email: frrodriguezg@ipn.mx
- Dra. Silvia Viridiana Vargas Solano.** Es profesora-investigadora del departamento de biotecnología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico nacional, cuya línea de investigación es el estudio y aprovechamiento de biomoléculas para la biotecnología ambiental. Email: ssvargass@ipn.mx
- Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita.** Profesor-Investigador del departamento de biociencias e ingeniería del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, del Instituto Politécnico Nacional. Área de especialización en derecho ecológico y derecho ambiental. Email: mmcormear@ipn.mx

# Antropoceno: la **factura** ecológica de la humanidad

Omar Rojas García





## Resumen

Desde la publicación del Informe Brundtland en 1987, el concepto de desarrollo sustentable ha sido el eje del discurso ambiental global, proponiendo un equilibrio entre crecimiento económico, equidad social y protección del medio ambiente. Sin embargo, este ideal ha sido severamente cuestionado por las consecuencias visibles del modelo capitalista actual, que se sostiene en la explotación intensiva de la naturaleza. Este artículo explora la evolución del paradigma del desarrollo sustentable y cómo la superación de los llamados “límites planetarios” nos ha llevado a una nueva era geológica: el Antropoceno. A través del análisis crítico del impacto humano sobre los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, y la lógica del capital verde, se propone reflexionar sobre la viabilidad de los modelos actuales.

## Introducción

En 1987, el concepto de desarrollo sustentable emergió como una alternativa para conciliar crecimiento económico, justicia social y protección ambiental. Esta visión, difundida por el Informe Brundtland, proponía que las necesidades del presente no comprometieran las posibilidades del futuro. En este artículo, se analizan las bases teóricas del desarrollo sustentable, las críticas a su

viabilidad dentro del capitalismo global y los peligros de haber superado los límites ecológicos del planeta. También se introducen conceptos como el Antropoceno<sup>[1]</sup> y el Capitaloceno<sup>[2]</sup>, y se presentan ejemplos de resiliencia socio ambiental desde visiones comunitarias e indígenas.

## El desarrollo sustentable: origen y planteamientos

La noción de desarrollo sustentable tiene sus raíces en el ecodesarrollo, que proponía armonizar crecimiento económico con el respeto ambiental, criticando el consumo desmedido y la depredación de recursos naturales. Autores como Bifani (1997) y Leff (1994) y Pierri (2005) aportaron a este enfoque, enfatizando la solidaridad intergeneracional, la preservación ecológica y el apoyo al desarrollo de países no industrializados.

La Estrategia Mundial de Conservación (UICN y WWF) propuso que satisfacer las necesidades básicas sólo es posible en armonía con la naturaleza. En este contexto, en 1987 la ONU presentó el Informe Brundtland, que definió el desarrollo sustentable como el uso de recursos naturales sin comprometer a generaciones futuras. Desde entonces, esta visión se ha convertido en referente global, aunque no exenta de críticas.

[1] Es una propuesta de época geológica que sugiere que la actividad humana se ha convertido en la principal fuerza transformadora del planeta.

[2] El término subraya cómo el capitalismo industrial, colonial y extractivista ha impulsado la degradación ambiental a gran escala.

Para Freire, (1995: 55) el concepto de ecodesarrollo fue también fuertemente influenciada por un artículo publicado en 1974, *Environnement et styles de développement* y que presenta los elementos básicos con los que después se estaría definiendo el concepto de desarrollo sustentable:

- Solidaridad con las generaciones futuras
- Preservación de los recursos naturales
- Garantizar el desarrollo de países no industrializados.

Según la perspectiva de la EMC la satisfacción de las necesidades básicas, solo se pueden lograr a través del aprovechamiento de los ecosistemas, pero en armonía con los procesos naturales, y con la perspectiva de la conservación y la mejora de la calidad de vida.

Por otra parte, bajo un ambiente político y económico en donde cada vez se presentaba más evidencia científica del deterioro de los ecosistemas y la contaminación ambiental fue que en 1983 se establece la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la cual bajo la égida de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) queda como representante la primera ministra de Suecia Gro Harlem Brundtland quien fue encargada de elaborar junto con una comisión internacional la conformación del “informe de Brundtland”. Así, en el año de 1987 se presenta el documento conocido como “Nuestro Futuro Común” en donde se definió por primera vez el término de “Sustainable Development” y

que es traducido como “Desarrollo Sostenible o Desarrollo Sustentable” que propone se utilicen los recursos naturales de una manera que permita satisfacer las necesidades presentes sin poner en riesgo a las generaciones futuras, y que puedan garantizar también su goce y disfrute.

El modelo de desarrollo sostenible que es el término que se utilizará en el resto del documento considera que la dimensión ambiental debe garantizar la conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico para que la dimensión social y económica puedan alcanzarse.

## Críticas al modelo y el surgimiento del Antropoceno

James O'Connor (2000) cuestiona si es posible un capitalismo sustentable. Su conclusión es negativa: un sistema que destruye la naturaleza y acumula desigualdades no puede sostenerse ecológicamente. El capitalismo explota el llamado “capital natural”, ignorando los límites planetarios. En 2009, Rockström y su equipo propusieron el concepto de límites planetarios, de los cuales seis ya han sido rebasados con efectos posiblemente irreversibles.

Estos límites incluyen el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, y la contaminación química. Su transgresión pone en riesgo los equilibrios naturales y marca un cambio de era: el Antropoceno. Esta nueva etapa geológica reconoce al ser humano como fuerza transformadora del planeta.

Sin embargo, muchos científicos y pensadores proponen el término Capitaloceno, para destacar que no es la humanidad en general, sino un modelo económico específico el responsable de esta crisis.

Si bien el curso de la historia ha permitido que el modelo capitalista sea sostenido, es decir, que permanezca a través del tiempo, esto no significa que pueda ser sostenible en términos ecológicos porque tiende a la autodestrucción debido a que habitamos un planeta finito y el modelo capitalista pretende hacer crecer las ganancias económicas a través de la sobreexplotación de lo que le llaman “capital natural” o “recurso natural”.

Los **límites planetarios** son los siguientes:

1. Cambio climático
2. Agotamiento de la capa de ozono
3. Cambios de uso de suelo
4. Explotación de agua dulce
5. Alteración de los ciclos de nitrógeno y fósforo
6. Acidificación de los océanos
7. Contaminación de la calidad del aire
8. Nuevos elementos contaminantes en el ambiente
9. Pérdida de la integridad de la biósfera

En estos estudios se hacen evidentes las consecuencias de haber rebasado los límites naturales del planeta y el riesgo de generar

transformaciones ambientales abruptas o irreversibles a gran escala. Los cambios son drásticos y aunque en tiempos humanos suceden en décadas, en su conjunto los límites marcan un umbral crítico al acrecentar los riesgos para las personas y los ecosistemas de los que formamos parte (Persson, 2022).

Estos cambios planetarios sin precedentes se pueden comparar y medir por su magnitud como aquellos correspondientes a las eras geológicas de la Tierra, por ello se ha denominado una nueva era definida como Antropoceno, ya que viene a sustituir al holoceno convirtiéndose en una fuerza de transformación de alcance global y geológico (Malm, 2014).

Los planteamientos están sustentados en la evidencia de concentraciones de dióxido de carbono y de metano atrapados en el hielo y debido a que su naturaleza es antropogénica y asociada a la actividad industrial se asevera que estábamos entrando a una nueva era geológica de tal fuerza y de tal magnitud que se podrá generar un cambio en el clima del planeta, pero ahora provocado por la especie humana.

El término Antropoceno ha generado una serie de preguntas en los ámbitos científicos y políticos ¿En realidad existe?; ¿Cuándo exactamente empezó? ¿Se le debe llamar Antropoceno o Capitaloceno? (Bauer y Ellis: 2018, p.214). Bajo esta perspectiva. el Antropoceno enfatiza las relaciones sociales de producción y consumo que han acrecentado de forma alarmante las concentraciones de contaminantes y gases invernadero en la atmósfera; la transformación de espacios na-



turales para ser sustituidos por infraestructura urbana y en tal magnitud que, a través de espacios de tiempo reducidos, la humanidad hemos llegado a alterar dramáticamente las condiciones naturales del planeta.

En este contexto, podríamos aseverar que el Capitaloceno corresponde al modelo capitalista y está sustentado en la extracción de las riquezas de la naturaleza, del sometimiento de otros saberes y otras culturas, este pensamiento ya había sido propuesto por David Harvey (2005) denominándolo “Acumulación por desposesión”, que retomando a Marx, describe la mercantilización, privatización de la tierra y la supresión del derecho a los comunes, así como la expulsión forzosa de las comunidades campesinas y todo bajo la égida del estado.

Mercantilizar a la naturaleza significa verla como un objeto de cambio, sin vida, que puede sustituirse. Esta perspectiva representa destinar a las especies vivas que vale la pena subrayar dependemos de ellas para sobrevivir a la lógica del mercado y a la extinción.

Si bien es cierto que el uso responsable de la naturaleza debe considerar elementos bioéticos y de responsabilidad social, la amenaza de la extinción de especies debería estar presente en la discusión y en la agenda política. La crisis actual de extinción es algo que se ha banalizado sin considerar los riesgos que representa para la supervivencia humana. Pareciera que tener en cuenta el cuidado y la protección de la naturaleza es una tarea “emocional” es decir, acotada a los amantes del medio ambiente, a aquellos que

“abrazan a los árboles” o a los “ecólogos o ambientalistas”.

No se debe soslayar que, desde una perspectiva geológica, el planeta Tierra ya ha experimentado extinciones masivas de especies, la más presente quizá es la ocurrida hace 65.5 millones de años con la desaparición de los dinosaurios del planeta Tierra. Sin embargo, hoy estamos experimentando una “sexta extinción masiva de especies” que está siendo impulsada por actividades industriales, por el cambio de uso de suelo, por la sobreexplotación pesquera; por la introducción de especies invasoras en los hábitats; por la minería; por la construcción de infraestructura carretera y petrolera; por la contaminación del agua, del suelo, del aire; también por el mercado ilegal de especies y también por el cambio climático y el calentamiento del planeta.

Con base en el último informe del planeta vivo de la WWF que representa la abundancia relativa de mamíferos, reptiles, anfibios, aves y peces indica que a nivel global ha habido una disminución entre 1970 y 2018 de un 63 a 75 %. (WWF, 2022).

Las especies vegetales, animales y microorganismos no existen de manera aislada, están interconectadas las unas con las otras en formas simbióticas que permiten beneficios para la humanidad. Por ello, cuando una especie se extingue o disminuye su número de su población, otras comunidades se ven afectadas, al igual del funcionamiento del ecosistema y representa una alarma o advertencia de que la estabilidad del hábitat está en peligro, y aumenta el aislamiento para las

especies y amplifica el “efecto borde” limitando a las especies en desplazarse, migrar, aparearse y completar sus ciclos naturales al aumentar la fragmentación del hábitat.

También, es pertinente recordar que las zonas boscosas regulan la temperatura del planeta, sirve también como sumidero de carbono y captura de agua, además que regula la erosión eólica e hídrica y permite la resiliencia de los ecosistemas. Por ello, el cambio climático representa también una amenaza para la biodiversidad debido a las olas de calor, a la intensidad de las sequías, al aumento de fenómenos meteorológicos incluyendo las heladas, los huracanes y las inundaciones.

Se debe resaltar que de la naturaleza obtenemos suministros de agua, de alimentos, de materiales para la construcción. Por otra parte, se regulan procesos como la polinización, el clima, el agua, la calidad del aire. También, significa para varias culturas identidades, sentido de cohesión social y seguridad y placer. Por esta razón, y con el afán de ser reiterativo, la extinción de especies representa eliminar cientos de años de evolución y adaptación de los ecosistemas. Si se sigue las tendencias actuales de cambios planetarios, el deterioro de los procesos ecológicos será irreversible y tendremos que lidiar con retos sociales, políticos, y económicos

**Ante este panorama que parece devastador, una pregunta obligada es ¿Se puede hacer algo?**

La respuesta es compleja y el ánimo no es responder sino más bien enunciar alguna de las posibilidades existentes y que corresponde a una manera antagónica de ver a la naturaleza sin los enunciados de sostenible o sustentable, sino con otra cosmogonía y visión de concebir el mundo. Ya bien lo dice Azkárraga (2014), si seguimos con las mismas formas de producción, consumo y estilos de vida altamente contaminantes, tendremos que transitar de manera forzada y no voluntaria a otro modelo de desarrollo y crecimiento económico, pero con un alto costo ambiental y social.

Muy por el contrario, a este modelo, por poner un ejemplo de nuevas alternativas de acercarse a la naturaleza, en la Sierra Norte de Puebla, se puede observar un modelo real de resiliencia comunitaria. Tosepan Titataniske representa la cooperativa más relevante de la región pues a través de la organización comunitaria se ha gestionado de manera adecuada el uso de la naturaleza y la defensa de su territorio (Ver Rojas O. y Fernández L., 2020).

Es a través de su cosmovisión de respeto a la vida que a través del Kuojtakiloya se brinda a la comunidad lo que para la tecnocracia es concebida como servicios ambientales de provisión, regulación, servicios culturales y de soporte (Toledo, 2015).

Su sabiduría indígena ha permitido a la comunidad a hacer frente a las adversidades, manteniendo sus bosques que corresponden a los mesófilos de montaña como hábitat de múltiples especies de aves, mamíferos, reptiles, microorganismos y algunos peces y crustáceos, así como fuentes de sumidero de carbono y captura de agua.

## Reflexiones finales

Derivada de tanta información disponible en muchos medios, es posible que se conozca la necesidad de cuidar al planeta, pero en el día a día los patrones de consumo siguen generando desechos que, a pesar de ser reciclables, no se reciclan y llegan a los reservorios de agua (los residuos no solo de plásticos o vidrios, sino también sustancias químicas que son tóxicas para el hábitat de muchas especies). Vivimos en un modelo económico donde producir, usar y tirar es una idea aceptada siempre que sea biodegradable, pero no se considera que manufacturar recursos de un solo uso, requiere de procesos de extracción materias primas, también de la quema de combustible, agua y químicos para transformarla en productos desechables, que ni son verdes ni son amigables para el ambiente. De ser así, no deberíamos estar lidiando con el manejo de residuos, ni la contaminación por desechos en el mar o los microplásticos que ya empezamos a consumir desde hace algunos años.

Pensar que el planeta no tiene límites y que la salida es la tecnología o la retórica de la sostenibilidad ambiental, nos seguirá llevando a la aniquilación y autodestrucción. Parris (2003) lo planteaba como un oxímoron, que el desarrollo bajo el modelo capitalista no es sostenible, no amigable con el planeta ni mucho menos económicamente viable. Hasta el día de hoy no se han logrado satisfacer las necesidades mínimas de estas generaciones por lo que difícilmente podemos pensar que las generaciones que aún no

nacen, podrán acceder al derecho humano al agua, a un ambiente sano o a la calidad de vida mínima para desarrollar las capacidades humanas.

El respeto a la naturaleza, así como su uso adecuado no debe ser banalizado como una buena intención o como algo inherente a los “ecologistas o ambientalistas”, pues independientemente de raza, religión, partido político, orientación sexual o nacionalidad, todas y todos moramos un solo planeta que además es poblado por otras especies de las cuáles hemos perdido la capacidad de entender que su existencia es necesaria para la nuestra.

## Conclusión

El desarrollo sustentable, aunque surgió como un ideal esperanzador, ha sido insuficiente para frenar la crisis ambiental. Rebasar los límites planetarios no sólo amenaza la biodiversidad, sino la supervivencia humana. El desafío no es sólo ambiental, sino civilizatorio: o transformamos nuestros valores y formas de habitar el mundo, o enfrentaremos consecuencias irreversibles.

## Referencias

Azkarraga, J. (2014). Resiliencia local y comunitaria frente a la crisis sistémica, En: J. M. Madariaga (Comps), Nuevas miradas sobre la resiliencia: Ampliando ámbitos y prácticas. 85110. Gedisa, Barcelona.

- Bauer, A. & Ellis, E. (2018). The Anthropocene Divide. Obscuring Understanding of Social-Environmental Change, *Current Anthropology*. 59: pp.209-227.
- Bifani, P. (1997). Medio ambiente y desarrollo, México, Universidad de Guadalajara.
- Harvey, D. (2005) El nuevo imperialismo: acumulación por desposesión. Social register. Clacso 2005.
- Freire Vieira, P. (1995). "Meio ambiente, desenvolvimento e planejamento", en Pierri, N. (2005). Historia del concepto del concepto del desarrollo Sustentable. En Foladori G y Pierri N. Coordinadores (2005) ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. México. D.F.
- Lef, E. (1994) Ecología y capital. Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable, México, Siglo XXI.
- Lélé, S.M. (1991) "Sustainable Development: a critical review", *World Development*, 19(6): 607-21.
- Linn Persson, Bethanie M. Carney Almroth, Christopher D. Collins, Sarah Cornell, Cynthia A. de Wit, Miriam L. Diamond, Peter Fantke, Martin Hassellöv, Matthew MacLeod, Morten W. Ryberg, Peter Søgaaard Jørgensen, Patricia Villarrubia-Gómez, Zhanyun Wang, and Michael Zwicky Hauschild.(2022). *Environmental Science & Technology*, 56 (3), 1510-1521. DOI: 10.1021/acs.est.1c04158
- Malm, A. y A. Hornborg. (2014). "The Geology of Mankind? A Critique of the Anthropocene Narrative". *The Anthropocene Review* 1 (1): 62-69. <https://doi.org/10.1177%2F2053019613516291>
- O'Connor, J. (2000). ¿Es posible el capitalismo sostenible? *Papeles de población*, 6(24), 9-35. Recuperado en 07 de mayo de 2024, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-74252000000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252000000200002&lng=es&tlng=es).
- Parris, T. y Kates, R. (2003). "Characterizing and Measuring Sustainable Development"; en *Annual Review of Energy & the Environment*, August 14, 28: 559-86.
- Pierri, N. (2005). Historia del concepto del concepto del desarrollo Sustentable. En Foladori G y Pierri N. Coordinadores (2005) ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. México. D.F.
- Rojas O y Fernández L. (2020). La defensa del territorio y el agua: un bien común desde la perspectiva maseualmej, Cuetzalan del Progreso, Puebla. *Revista de Paz y Conflictos* 12(2)
- Toledo. (2015). El Kuojtakiloyan. Patrimonio biocultural de la Sierra Norte de Puebla. Conacyt. UNAM.
- WWF (2020). Informe Planeta Vivo 2022. Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo. Almond, R.E.A.; Grooten M.; Juffe Bignoli, D. y Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suiza.

## Sobre el autor

**Omar Rojas** es Biólogo por la UAM-X, después, realizó estudios de Medio Ambiente y Desarrollo por parte del IPN, años más tardes estudió sus estudios doctorales en el Instituto de Geografía de la UNAM. Realizó una estancia post doctoral en la FES Aragón. Ha realizado estudios de Impacto Ambiental, Ordenamiento Ecológico Territorial, Análisis de Riesgo Ambiental y Planes de Desarrollo Urbano Municipal. Es especialista en temas de Biodiversidad, Cambio Climático, Uso Sustentable del Agua, además de Ética y Gobierno Corporativo. Ha escrito capítulos de Libros y artículos Científicos y de Divulgación científica. Tiene experiencia en la iniciativa privada y organizaciones civiles, así como en proyectos de divulgación científica. Actualmente trabaja como profesor en la FES Aragón de la UNAM para las carreras de economía y planificación para el desarrollo agropecuario. E-mail: [omarrojas43@aragon.unam.mx](mailto:omarrojas43@aragon.unam.mx)



# Espacios Públicos: tu dosis diaria de salud mental

Gloria Cárdenas León



## Resumen

En un contexto de estrés urbano constante, los espacios públicos se revelan como herramientas poderosas para el cuidado de la salud mental. Diversos estudios han demostrado que parques, plazas y calles activas no solo son agradables, sino que promueven la relajación, reducen el estrés, mejoran la concentración y fortalecen el sistema inmunológico. Filósofos como Heidegger y Lefebvre, y científicos contemporáneos, coinciden en que necesitamos espacios que favorezcan la conexión con otros y con la naturaleza. Estar 20 minutos en un entorno verde reduce el cortisol, la “hormona del estrés”, y favorece la regeneración neuronal. Además, estos espacios fortalecen el tejido social, fomentan el sentido de pertenencia y la seguridad comunitaria. Lejos de ser un lujo, el espacio público bien diseñado es una “medicina natural” accesible, democrática y sin efectos secundarios. La invitación final es clara: usar estos espacios conscientemente no solo mejora nuestra salud, sino que contribuye a construir ciudades más humanas y sostenibles.

## Introducción

Actualmente vivimos en una época de estrés constante, contaminación y caos urbano, cuidar nuestra salud mental se ha vuelto más importante que nunca, pero ¿te has preguntado cómo hacerlo?, ¿por dónde empezar?, la respuesta podría estar más cerca de lo que imaginas, y ésta la encontrarás, en los espacios públicos de tu ciudad.

Cuando los expertos hablan de espacios de **interacción social y desarrollo comunitario**, en realidad se refieren a algo muy simple, a esos lugares donde automáticamente te sientes mejor, los investigadores han descubierto que estos espacios no son solo lugares bonitos, si no son verdaderos centros de bienestar que tienen un impacto directamente en tu salud mental y física.

¿Alguna vez has notado cómo te sientes cuando caminas por un parque?, ese momento en que ves el verde de los árboles, escuchas el sonido de las hojas moviéndose con el viento, y sientes que el aire que respiras te hace muy bien, claro, es que esto, no es casualidad, tu cuerpo y tu mente están respondiendo a algo que los científicos han estudiado durante años, y es el poder sanador de los espacios públicos.

## Más que solo lugares bonitos, la ciencia detrás del bienestar

Los filósofos como Heidegger (1995), ya intuían algo fundamental, los seres humanos necesitamos *ser-en-el-mundo*, es decir justamente necesitamos existir en espacios que nos conecten con nosotros mismos y con otros, lo que él llamaba una relación existencial entre las personas y su entorno, lo que hoy la neurociencia lo confirma con datos concretos.

Es justo por ello que los espacios públicos trabajan en varios niveles para mejorar tu bienestar, a través de la conexión social

natural, el sociólogo Habermas (1999), descubrió que los espacios públicos funcionan como redes de comunicación, donde puedes interactuar con otros sin presión, no necesitas forzar conversaciones, simplemente el estar rodeado de vida comunitaria ya activa tu sentido de pertenencia y reduce la sensación de sentirte solo.

Tu cerebro en modo reparación, los urbanistas como Gehl (2011), han documentado cómo el diseño de calidad en los espacios públicos literalmente invita a tu mente a relajarse, es decir cuando estás en un ambiente bien diseñado, tu cerebro activa la *red neuronal* por defecto, que es como poner tu mente en piloto automático para que se recupere del estrés, y realizar ejercicio sin que se sienta como ejercicio, es decir, solo caminar por un sendero, jugar con amigos en una cancha, o incluso solo moverte de una banca a otra, activa tu cuerpo de manera natural, y cuando tu cuerpo se mueve, tu mente se libera.

## Una medicina que funciona para todos

La investigadora Jacobs (2011), revolucionó nuestra comprensión de los espacios públicos al demostrar que las calles y plazas activas no solo son más seguras, sino que crean una *vigilancia natural*, que nos hace sentir protegidos, cuando hay diversidad de actividades y personas utilizando un espacio a diferentes horas, se genera un ambiente de confianza y seguridad.

Pero aquí viene lo mejor, esta *medicina urbana* funciona independientemente de tu edad, condición social o antecedentes, los espacios públicos bien diseñados, como dice el concepto de *derecho a la ciudad* del filósofo Lefebvre (2017), son verdaderamente democráticos y están ahí para todos, sin excepción.

Pero, ¿Por qué te sientes mejor después de pasar tiempo en un espacio público verde?, la investigación científica ha encontrado respuestas fascinantes que validan lo que los teóricos urbanos intuían, por qué reducen el cortisol, esta hormona del estrés simplemente disminuye significativamente después de solo 20 minutos en un espacio verde, es como si tu cuerpo supiera automáticamente que está en un lugar seguro.

Mejora de la atención y de tu capacidad de concentración, después de estar en la naturaleza, sabías que, los estudiantes que tienen acceso a espacios verdes cerca de su escuela muestran mejor rendimiento académico, fortalecimiento del sistema inmune, los árboles liberan compuestos químicos llamados fitoncidas que fortalecen nuestro sistema inmunológico, es decir literalmente, respirar aire de parque te hace más fuerte (Holguín y Soria, 2024).

Desarrollo cognitivo, como señala el teórico Lynch (2015), los espacios públicos funcionan como entornos de aprendizaje, donde adquirimos nuevos conocimientos y habilidades a través de la interacción con otros y con el ambiente, por lo que, muchos piensan que para obtener estos beneficios necesitan escaparse a una montaña o a una



playa lejana, la realidad es que cualquier espacio público con elementos naturales puede funcionar. A continuación, se presenta el ciclo del bienestar urbano (Figura 1) en donde se muestran los diferentes beneficios que proporciona el espacio público. Estos espacios crean un ciclo de bienestar urbano, donde cada beneficio se refuerza mutuamente, la actividad física mejora tu estado de ánimo, la conexión social reduce el estrés, el contacto con la naturaleza fortalece tu sistema inmune, y todo esto junto mejora tu calidad de vida general.



Figura 1. Ciclo de bienestar Urbano (Elaboración propia, 2025)

## Más allá del bienestar individual, construyendo comunidades más sanas

Cuando usas espacios públicos conscientemente, no solo mejoras tu propia salud mental, si no que contribuyes a crear algo más grande, como señala el pensador Innerarity (2006), el espacio público es donde **se negocia lo común**, donde una comunidad define qué valores compartir y cómo vivir juntos, cada vez que eliges caminar por un parque en lugar de quedarte encerrado, cada vez que saludas a alguien en una plaza, cada vez que cuidas el mobiliario urbano, estás participando en la construcción de una ciudad más humana y saludable.



Los espacios públicos sostenibles, con áreas verdes, materiales locales, y diseño ecológico, también nos permiten practicar una ética de la responsabilidad, hacia las futuras generaciones como lo menciona el teólogo Boff (2009), cuando usamos y cuidamos estos espacios, desarrollamos una relación amorosa y respetuosa con nuestro entorno.

Entonces, la evidencia es clara, los espacios públicos son una de las herramientas de salud mental más poderosas y accesibles para todos, no requieren receta médica, no tienen efectos secundarios negativos, y están disponibles las 24 horas del día, en una época donde buscamos soluciones complejas y costosas para nuestros problemas de estrés y ansiedad, a menudo ignoramos esta ***farmacia urbana***, que está literalmente en nuestras calles, en nuestra colonia, en nuestra ciudad, se requiere una dosis diaria de todos los elementos que pueden realmente hacer el cambio en tu salud, tal como se muestran en la figura 2.



**Figura 2.** Componentes del espacio público para la salud mental (Elaboración propia, 2025)

## Conclusiones y Reflexiones

Los espacios públicos representan mucho más que simples lugares de recreación, son verdaderos laboratorios de bienestar que integran beneficios físicos, mentales, sociales y comunitarios, la investigación científica confirma lo que los teóricos urbanos y filósofos han intuido durante décadas, necesitamos estos espacios para ser plenamente humanos sanos.

Los datos son contundentes, 20 minutos en un espacio verde reducen el cortisol, mejoran la concentración, fortalecen el sistema inmune y activan redes neuronales de reparación, pero más allá de los números, estos espacios nos ofrecen algo que ninguna aplicación o tratamiento puede replicar, la experiencia auténtica de pertenecer a una comunidad viva y sana.

En nuestra era digital, donde pasamos horas frente a pantallas y socializamos principalmente a través de redes sociales, los espacios públicos se convierten en anclas que nos devuelven a nuestra esencia, vivimos en un mundo hiperconectado, pero paradójicamente fragmentado, y estos lugares nos recuerdan una verdad fundamental de nuestra especie, somos seres profundamente sociales que necesitamos del contacto real con otros y con el mundo natural para prosperar, no se trata de romanticismo, sino de biología básica, ya que evolucionamos en comunidades, rodeados de naturaleza, y nuestros cerebros y cuerpos están diseñados para funcionar óptimamente en estos entornos, no encerrados entre paredes mirando pantallas.

El desafío ahora está en tus manos, la próxima vez que sientas que el estrés te supera, o cuando la ansiedad parece incontrolable, resiste la tentación de perderte en otra serie o en el scroll infinito de las redes sociales, en su lugar, date el regalo de salir, caminar y buscar el espacio verde más cercano, permítete esos 20 minutos de medicina natural, siéntate en el césped, observa el movimiento de la vida a tu alrededor, escucha los sonidos de la naturaleza.

**El reto ahora está en tus manos, ¿Te animas a probar esta medicina natural?, tu mente, tu cuerpo, tu comunidad y las futuras generaciones te lo agradecerán.**

## Referencias

- Boff, L. (2009). Ética da vida. Record.
- Gehl, J. (2020). La humanización del espacio urbano: La vida social entre los edificios (M. T. Valcarce, Trad.). Editorial Reverté.
- Habermas, J. (1999). Teoría de la acción comunicativa (M. Jiménez Redondo, Trad.). Editorial Trotta. Vol. I: 978-84-8164-215-2
- Heidegger, M. (1995). Ser y tiempo (J. E. Rivera, Trad.). Editorial Trotta.
- Holguín, S y Soria, B. (2024). Naturaleza en el campus: Un análisis del impacto de las áreas verdes en la salud mental estudiantil. Kipus Científicas - Revista de Ciencias de la Salud. <https://revistas.umss.edu.bo/index.php/kipus-cientificas/article/view/1422>
- Innerarity, D. (2006). El nuevo espacio público. Espasa Calpe. <https://www.amazon.com/Nuevo-Espacio-Publico-Daniel-Innerarity/dp/8467020881>
- Jacobs, J. (2011). Muerte y vida de las grandes ciudades americanas (Á. Abad & A. Useros, Trads.). Capitán Swing Libros.
- Lefebvre, H. (2017). El derecho a la ciudad (I. Martínez Lorea, Trad.). Capitán Swing Libros.
- Lynch, K. (2015). La imagen de la ciudad (E. L. Revol, Trad.). Editorial Gustavo Gili.

## Sobre la autora

**Maestra Gloria Cárdenas León.** Arquitecta de profesión, con especialidad en Valuación de Bienes inmuebles, Maestría en Estudios Sustentables, Regionales y Metropolitanos, con mención honorífica, en la Universidad Autónoma del Estado México (UAEM), y actualmente estudiante del Doctorado en Diseño, en la Facultad de Arquitectura y diseño de la Universidad Autónoma del Estado México (UAEM).  
Email: [gcardenasl002@alumno.uaemex.mx](mailto:gcardenasl002@alumno.uaemex.mx)

# Viviendas que cuidan: cómo el diseño del hábitat puede mejorar nuestra salud y bienestar

Verónica Zendejas Santín





## Resumen

El diseño del hábitat influye profundamente en nuestra salud física, emocional y social. Las calles, viviendas y espacios públicos no son solo infraestructura: determinan cómo nos movemos, convivimos y nos sentimos seguros. Durante décadas, las ciudades se han construido bajo una visión limitada que excluye a gran parte de la población; sin embargo, diseñar para la diversidad significa crear entornos más humanos, accesibles y saludables. Incluir perspectiva de género, atender lo sensorial y recuperar la naturaleza mediante el diseño biofílico son estrategias que fortalecen el bienestar colectivo. Además, el urbanismo táctico demuestra que pequeñas intervenciones ciudadanas pueden transformar la vida cotidiana. La vivienda, vista como espacio de cuidado, debe estar integrada en redes comunitarias que apoyen a las familias. Casos en América Latina muestran que poner a las personas en el centro genera inclusión y equidad. Finalmente, las políticas públicas deben entender el hábitat como medicina preventiva y compromiso social.

### ¿Alguna vez has sentido que tu casa o tu calle influyen en tu estado de ánimo?

Puede parecer obvio, pero no siempre nos detenemos a pensarlo: el lugar donde vivimos moldea nuestra salud física, emocional y mental. Las banquetas que pisamos, la calidad del aire que respiramos, la forma en

que accedemos al transporte o incluso la iluminación de una calle pueden hacer la diferencia entre sentirnos seguros o vulnerables, entre enfermarnos o mantenernos sanos.

En este texto me interesa reflexionar, de forma cercana y clara, sobre cómo el diseño del hábitat —entendido como la manera en que se planean y construyen los espacios donde habitamos— puede convertirse en una herramienta poderosa para cuidar de las personas. Esto no se limita a las decisiones de urbanistas o arquitectas, sino que también nos involucra como ciudadanas y ciudadanos que queremos vivir mejor, en armonía con quienes nos rodean y con nuestro entorno.

### Cuidar desde el diseño: imaginar ciudades más humanas

Pensemos por un momento en una ciudad diseñada no solo para el automóvil, sino para las personas en toda su diversidad. Una ciudad donde una mujer con carreola, una persona mayor, o alguien que vive con discapacidad pueda moverse sin obstáculos, descansar cuando lo necesite y sentirse segura. Un lugar donde la infraestructura no solo sea funcional, sino que abraza la diferencia.

Durante décadas, nuestras ciudades se han construido desde una visión limitada, centrada en un tipo de habitante: joven, hombre, sin discapacidad y con movilidad independiente. Esto ha dejado fuera a una gran parte de la población: quienes cuidan, quienes requieren apoyos para desplazarse,



quienes tienen horarios y trayectorias distintas, o quienes simplemente se sienten incómodas o en riesgo en el espacio público (Imrie, 2012).

Hoy sabemos que esta visión no solo es excluyente, sino también ineficiente. La diversidad no es una excepción, es la norma. Diseñar para la diversidad es diseñar mejor para todas y todos.

## El hábitat como medicina preventiva

A veces creemos que la salud depende solo de hospitales o de medicamentos, pero el entorno que habitamos tiene un impacto igual de profundo. Calles bien pavimentadas, parques accesibles, zonas de sombra, pasos seguros, transporte eficiente y espacios para convivir no son lujos; son condiciones básicas que influyen en nuestro bienestar.

La accesibilidad universal no se reduce a rampas o elevadores. Es una forma de pensar el espacio desde la empatía. Se trata de garantizar que todas las personas, independientemente de su edad, condición física o contexto social, puedan usar y disfrutar de los espacios comunes con dignidad y libertad (ONU-Hábitat, 2020).

Incluir la perspectiva de género también es fundamental. Las mujeres suelen recorrer la ciudad de manera distinta: muchas veces acompañadas de hijas e hijos, en horarios diversos, cargando bolsas o responsabilidades.



Por eso, una buena iluminación, servicios cercanos, rutas seguras y mobiliario urbano pensado para el descanso no son detalles: son necesidades básicas que deben ser atendidas desde el diseño (Beebejaun, 2017).

Otra clave es reconocer que las y los habitantes saben mucho sobre su territorio. Escuchar a la comunidad, incluirla en los procesos de planeación y permitir su participación activa da lugar a soluciones más justas y duraderas. Además, fortalece el sentido de pertenencia y el cuidado mutuo (Funtowicz & Ravetz, 1993).

Y no olvidemos la naturaleza. Los árboles, jardines y parques no solo embellecen las ciudades: ayudan a reducir el estrés, mejorar la salud mental y facilitar la convivencia. Son pulmones para el cuerpo, pero también para el alma (Morin, 2005).

## Lo sensorial también importa

No todas las personas perciben el espacio de la misma manera. Para alguien con autismo, ansiedad o hipersensibilidad sensorial, un entorno ruidoso, caótico o visualmente abrumador puede ser profundamente angustiante. Por eso, el diseño debe cuidar también lo sensorial: los colores, los sonidos, los materiales y las texturas. Crear espacios amables, silenciosos, acogedores no es un capricho: es una forma de respeto a las distintas formas de habitar el mundo (Díaz Méndez, 2021).

## El diseño biofílico: reconectar con lo esencial

En nuestras ciudades saturadas de concreto y prisas, el diseño biofílico —aquel que integra elementos naturales como luz, vegetación o agua— puede ser una vía para reconectarnos con lo esencial. Ver verde desde una ventana, sentir el sol entrar por una rendija, escuchar agua correr... son detalles que tienen un profundo impacto emocional.

Estudios recientes confirman que vivir cerca de la naturaleza reduce síntomas de ansiedad, mejora la concentración y ayuda a recuperarse más rápido de enfermedades (Kellert, 2018). En barrios donde el verde escasea, pequeñas acciones como plantar árboles, instalar huertos urbanos o crear jardines comunitarios pueden marcar una gran diferencia.

## Urbanismo táctico: mejorar sin esperar años

Frente a la lentitud de los grandes proyectos urbanos, ha surgido el urbanismo táctico: pequeñas intervenciones, rápidas y económicas, pero con gran impacto. Pintar un cruce peatonal, colocar bancas recicladas, convertir un lote baldío en jardín o usar color en espacios grises puede transformar la percepción y el uso del espacio.

Además, este tipo de acciones tiene un valor simbólico: demuestra que el cambio es posible, que la ciudad también puede ser construida desde abajo. En lugares como Guadalajara, Ciudad de México o Puebla, colectivos ciudadanos han logrado cambios significativos con herramientas sencillas y mucho compromiso.

## La vivienda como espacio de cuidado

Muchas veces pensamos en la vivienda como un bien material o una inversión, pero pocas veces la vemos como lo que realmente es: el espacio donde se cuida, se ama, se trabaja, se llora y se celebra. Un lugar íntimo, pero profundamente político.

Diseñar viviendas dignas no significa sólo ampliar los metros cuadrados. Significa crear espacios ventilados, bien iluminados, seguros y adaptables. Espacios donde el cuidado —tan invisibilizado y feminizado— pueda realizarse sin agotamiento ni riesgos.



También implica reconocer que el cuidado no puede recaer exclusivamente en las familias. Necesitamos redes, servicios comunitarios, guarderías públicas, centros de día. La vivienda no puede seguir siendo una isla. Debe formar parte de un ecosistema de apoyo más amplio.

## Aprender de nuestra región: ejemplos que inspiran

En América Latina abundan los ejemplos de cómo el diseño puede ser motor de inclusión. Medellín, en Colombia, transformó zonas de alta violencia mediante bibliotecas, escaleras eléctricas y transporte digno. Rosario, en Argentina, impulsó la agricultura urbana como estrategia de integración. Curitiba, en Brasil, apostó por el transporte público, los parques lineales y la planeación sustentable.

Estos casos comparten algo fundamental: pusieron a las personas en el centro. Escucharon, planearon desde lo local, y crearon ciudad con cuidado y conciencia social.

## ¿Y desde casa o el barrio? También podemos actuar

A veces creemos que cambiar la ciudad es cosa de gobiernos o expertas. Pero desde casa también podemos hacer mucho. Participar en asambleas vecinales, proponer mejoras, cuidar un jardín comunitario, respetar el mobiliario urbano o simplemente observar con atención lo que hace falta ya es un gran comienzo.

Preguntarnos si nuestras calles tienen rampas, si hay bancas suficientes o si una mujer puede caminar segura de noche, son ejercicios de conciencia que nos acercan a la transformación. El primer paso es mirar con otros ojos. El segundo, actuar.

## Hacia una política pública que cuide

Finalmente, si queremos que estos cambios no dependan sólo del esfuerzo individual, necesitamos políticas públicas sensibles, participativas y con enfoque de derechos. Es urgente que los gobiernos entiendan que el diseño del hábitat no es un lujo, sino una inversión en salud, equidad y convivencia.

Pensar en una política pública que cuide nos obliga a mirar más allá de las métricas habituales del desarrollo urbano. No se trata

solamente de contar metros de pavimento, cifras de viviendas entregadas o kilómetros de ciclovía construidos. Se trata, ante todo, de preguntarnos si esos espacios, servicios e infraestructuras están pensados para facilitar la vida, para acoger la diversidad humana, y para ofrecer condiciones dignas a quienes los habitan cotidianamente.

El diseño del hábitat, cuando se concibe desde la lógica del cuidado, deja de ser un acto puramente técnico para convertirse en una manifestación concreta del compromiso social. Cuidar, en este sentido, es reconocer la interdependencia como un principio estructurante de la vida urbana. Todas y todos, en algún momento, requerimos de apoyo: durante la infancia, en la vejez, en momentos de enfermedad, maternidad, crisis o discapacidad. Las ciudades que comprenden esta realidad y que responden a ella con políticas sensibles, integradoras y preventivas son aquellas que realmente velan por la salud colectiva.

Durante muchos años, las decisiones en materia urbana han estado dominadas por criterios economicistas: la rentabilidad, la competitividad, la eficiencia presupuestal o el incremento del valor del suelo. Bajo esa lógica, el cuidado —y con él, las personas que lo ejercen o lo necesitan— ha quedado relegado al ámbito de lo privado, de lo informal o de lo invisible. No obstante, como lo han señalado pensadoras como Joan Tronto (1993) o Amaia Pérez Orozco (2014), sin cuidado no hay posibilidad de sostener la vida. Y si las ciudades aspiran a ser espacios habitables, justos y sostenibles, deben incorporar este principio en el corazón mismo de su diseño y su planeación.

Diseñar ciudades cuidadoras no es solo responsabilidad de urbanistas: es un desafío colectivo que implica reconocer la vida como centro de toda política. Una ciudad que cuida es una ciudad que escucha, que adapta sus espacios a la diversidad humana, que prioriza lo común sobre lo rentable. Es una ciudad que entiende que el bienestar empieza en la banqueta y llega hasta el alma.



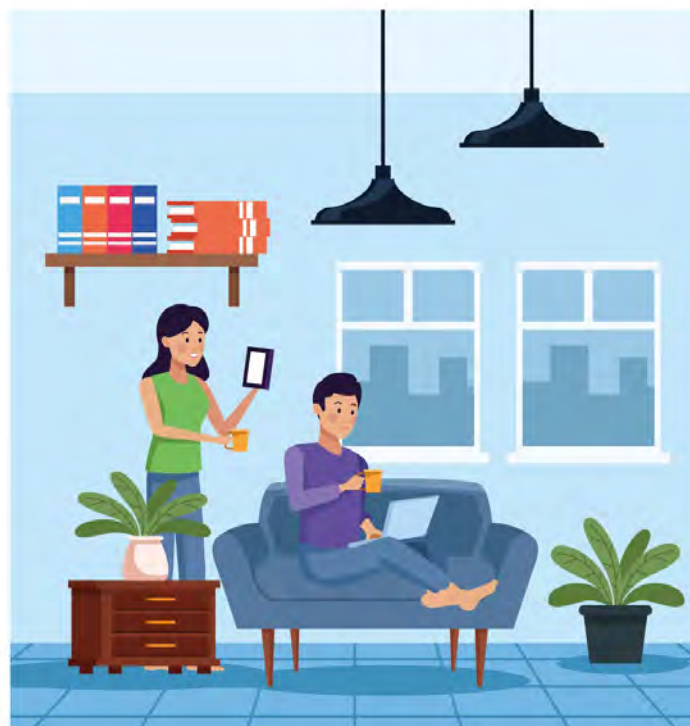
## Conclusión

Cuidar desde el diseño es imaginar ciudades y hogares donde todas las personas puedan vivir con seguridad, salud y bienestar. No se trata solo de calles, rampas o edificios, sino de crear espacios que abracen la diversidad y fortalezcan la convivencia. Cuando pensamos el hábitat como un acto de cuidado, dejamos de ver la ciudad como un simple conjunto de estructuras y la entendemos como un lugar que sostiene nuestra vida diaria. Diseñar para cuidar es apostar por comunidades más justas, humanas y felices.



## Referencias

- Beebejaun, Y. (2017). Gender, urban space, and the right to everyday life. *Journal of Urban Affairs*, 39(3), 323–334. <https://doi.org/10.1080/07352166.2016.1255526>
- Díaz Méndez, M. (2021). Urbanismo feminista: Por una transformación radical de los espacios de vida. *Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 10(2), 45–60.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures*, 25(7), 739–755. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L)
- Imrie, R. (2012). Universalism, universal design and equitable access to the built environment. *Disability & Rehabilitation*, 34(10), 873–882. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.624250>
- Kellert, S. R. (2018). *Nature by Design: The Practice of Biophilic Design*. Yale University Press.
- Morin, E. (2005). *El método V: La humanidad de la humanidad*. Cátedra.
- ONU-Hábitat. (2020). *The City We Need Now: Principles and Drivers of Change for the New Urban Agenda*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. <https://unhabitat.org/the-city-we-need-now>
- Pérez Orozco, A. (2014). Subversión feminista de la economía: Aportes para un debate sobre el conflicto capital-vida. *Traficantes de Sueños*.
- Tronto, J. C. (1993). *Moral boundaries: A political argument for an ethic of care*. Routledge.



## Sobre la autora

**Dra. Verónica Zendejas Santín.** Doctora en Administración por el Instituto de Estudios Superiores y Posgrados, Maestra en Valuación con Especialidad en Valuación Inmobiliaria por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Arquitecta por la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMéx. Investigadora adscrita al Centro de Investigación de Arquitectura y Diseño) LGC. Evaluación y Gestión de Proyectos de Diseño. Docente de la Licenciatura en Administración y Promoción de la Obra Urbana. Docente del Doctorado en Diseño en la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México. Mail: [vzendejass@uaemex.mx](mailto:vzendejass@uaemex.mx)

# Origen y evolución del concepto de una sola salud en **Ciencias Agropecuarias**

Ernesto Cárdenas Bejarano, Jesús Benjamín Ponce Noguez, Hugo Josué Molina Gómez y Geiner Francisco Álvarez Sánchez





## Resumen

El enfoque “Una Sola Salud” (One Health) surge como respuesta a los múltiples desafíos que enfrentan los ecosistemas y socio-ecosistemas (los ambientes donde vivimos y producimos nuestros alimentos), tales como cambio climático, contaminación, agricultura intensiva y aparición de enfermedades. Este concepto integra la salud humana, animal y ambiental, reconociendo su interdependencia y la necesidad de equipos multidisciplinarios para diseñar formas de anticiparnos y reducir riesgos. Sus raíces se remontan a Hipócrates y Aristóteles, y ha evolucionado a lo largo de la historia hasta consolidarse en el siglo XXI con el respaldo de organismos internacionales como la OMS, FAO y OIE. Paralelamente, la sustentabilidad plantea el uso racional de los recursos naturales, equilibrando dimensiones sociales, económicas y ambientales para garantizar el bienestar de las generaciones presentes y futuras. La integración de sustentabilidad con Una Sola Salud es esencial en la producción agropecuaria, donde el manejo equilibrado de los recursos y la prevención de desequilibrios ecológicos permiten asegurar alimentos sostenibles, ecosistemas saludables y bienestar integral para humanos y animales.

## Introducción

La salud de los ecosistemas y los socio-ecosistemas enfrentan desafíos de diversa índole como el cambio climático, crecimiento poblacional, agricultura intensiva,

contaminación, enfermedades emergentes y reemergentes, entre otras. Para abordar este fenómeno complejo se requieren perspectivas integrales en donde participen equipos puesto que escapa del alcance de las disciplinas individuales (Arredondo-Rivera et al., 2024; Manterola et al., 2024). Con esta perspectiva emerge el enfoque de **“One Health”** o **“Una Sola Salud”** (USS).

El enfoque “One Health” o “Una Sola Salud” (USS), es un concepto integral diseñado para proteger la salud de los seres humanos, los animales y de los ecosistemas (Figura 1), analizando la compleja interacción entre estos componentes para establecer nuevas metodologías de vigilancia, control de enfermedades y sustentabilidad, mediante la intervención de grupos multidisciplinarios tomando en cuenta aspectos sanitarios, culturales, ecológicos, económicos y políticos, con la intención de minimizar las repercusiones sociales y económicas (Mendoza et al., 2022; Urbizu et al., 2023; Manterola et al., 2024).



**Figura 1.** Interacción entre salud humana, animal y medio ambiente. (Imágenes de los autores).

## ¿Qué es “Una Sola Salud” y por qué nos importa?

El enfoque de Una Sola Salud es un concepto relativamente nuevo, sin embargo, sus orígenes se remontan a Hipócrates (460-370 A.C.), quien describió la interacción entre el medio ambiente, la salud y las enfermedades de origen infeccioso (Mendoza et al., 2022), ideas que posteriormente continuó desarrollando Aristóteles al observar las consecuencias de la creciente interacción entre los animales, el hombre y el ecosistema (384-322 A.C.) (Mendoza et al., 2022; Manterola et al., 2024).

Por otra parte, la dinastía Zhou en China (siglo XI - siglo XIII), desarrolló el primer sistema de salud pública el cual integraba médicos humanos y veterinarios; Claude Bourgelap (1712-1779), promovió la educación en salud animal y su relación con la salud humana fundando las primeras instalaciones de enseñanza veterinaria y Rudolf Virchow (1811-1902) acuñó el término zoonosis, para indicar la estrecha relación entre la salud humana y la salud animal argumentando que las enfermedades de los animales pueden transmitirse a los humanos (Mendoza et al., 2022; Manterola et al., 2024).

En la década de los años 1970's, Calvin Schwabe acuñó el concepto Una Salud (One Health) con el propósito de integrar la medicina humana, veterinaria y la salud ambiental (Mendoza et al., 2022; Manterola et al., 2024). Así mismo en el año 2004, con motivo de la celebración del congreso de la Wildlife Conservation Society se discutieron las im-

plicaciones de la transmisión de enfermedades de la vida silvestre, animales domésticos y humanos y se establecieron los “Principios de Manhattan” con la finalidad de combatir las enfermedades infecciosas y mantener el equilibrio en los ecosistemas (Organización Mundial de Sanidad Animal, 2023).

En el año 2008, la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) adaptaron el concepto de Una Salud para analizar las interacciones hombre-animal-ambiente y hacerles frente a las amenazas a la salud, con la participación de grupos multidisciplinarios de médicos, médicos veterinarios, ecólogos, agrónomos entre otros (Mendoza et al., 2022; Manterola et al., 2024).

## Sustentabilidad: cuidar hoy para tener mañana

El concepto de sustentabilidad surge cuando se comienza a alterar el equilibrio de los ecosistemas debido a los problemas ambientales, a su vez ocasionados por el incremento de las actividades humanas, lo cual generó una preocupación por la salud del medio ambiente, porque en cualquier actividad humana, industrial, de subsistencia o recreativa no deben sobre utilizarse los recursos naturales, ni poner en riesgo la salud humana y ambiental (Foladori y Pierri, 2005).

En este sentido, el desarrollo sustentable propone “un desarrollo que permite la



satisfacción de las necesidades de la generación presente sin privar a las generaciones futuras de la posibilidad de satisfacer sus propias necesidades” (Informe Brutland, 1987), en otras palabras, podríamos indicar que es el uso racional de los recursos naturales. Para lograr lo anterior, debe existir equilibrio de trabajo entre las tres dimensiones de la sustentabilidad: dimensión económica, social y ambiental (Cantú-Martínez, 2024)

Es de mencionar que los temas de sustentabilidad han cambiado y se han propuesto nuevas ideas integradoras, las cuales incluyen las dinámicas complejas y las interacciones entre los sistemas humanos y naturales, que a su vez inciden en la formación y transformación del territorio: aspectos productivos, ambientales, socioculturales, políticos y tecnológicos, todo ello, con la finalidad de generar una nueva racionalidad en el manejo de los recursos materiales, naturales y sociales para mantener la satisfacción de las necesidades futuras, se conserve la salud de las personas, los animales y de los ecosistemas (Jiménez-Herrero, 2002).

En este contexto, los desafíos que se presentan en el mundo como el cambio climático, la gestión adecuada de recursos hídricos, la contaminación y por supuesto, la salud ambiental y humana, entre otros demandan un cambio en la mentalidad, cultura, educación y de valores de la sociedad (Tovar-Vergara et al. 2024), considerando siempre los principios de sustentabilidad.

## La clave para producir alimentos sanos y responsables

La sustentabilidad ha permitido abordar los diferentes problemas que han surgido por el deterioro ambiental (ocasionada en parte por la actividad agropecuaria) e identificar soluciones para mantener el equilibrio entre las áreas económicas, sociales y ambientales y a su vez es posible y necesario, vincularlo con el enfoque que plantea “una sola salud”, el bienestar integral entre los humanos, animales y el medio ambiente (Figura 2). La integración de ambos enfoques requiere trabajos multidisciplinarios. Como indican Manterola et al. (2024), el medio ambiente y la salud se encuentran asociadas al equilibrio de los ecosistemas, con su capacidad para responder a las perturbaciones naturales o antropogénicas; que algunos llaman salud del ecosistema.



**Figura 2.** Cuidando la salud animal, se cuida la salud de los ecosistemas. (Imágenes de los autores).

En este contexto, es importante establecer la interacción entre la producción agropecuaria, la sustentabilidad y una sola salud, porque en cada una de las etapas de producción de los alimentos (producción primaria, transporte, procesamiento, transformación, venta, consumo), se favorece el surgimiento de enfermedades, además de que hacen uso de recursos ecosistémicos para la producción y al generar desequilibrios se pone en riesgo la producción de alimentos y la salud de los ecosistemas, seres humanos y animales (Arredondo-Rivera et al., 2024).

De acuerdo con lo anterior, se puede considerar que “el mantener el equilibrio ecosistémico” es fundamental para reducir el surgimiento y prevalencia de enfermedades en el área pecuaria, equilibrio importante que se maneja y menciona en el tema de sustentabilidad, además de considerar los servicios ecosistémicos. Al respecto la MEA (2005) menciona que una interacción equilibrada entre las actividades humanas y los servicios ecosistémicos es relevante para asegurar nuestra supervivencia y bienestar, debido a que los ecosistemas nos proveen de alimentos, agua limpia y ayudan a regular las enfermedades y el clima, entre otros.

## Conclusiones

El enfoque de una sola salud surge con la necesidad de enfrentar desafíos emergentes que amenazan la salud de los ecosistemas, el ser humano y los animales.

El enfoque de una salud resulta pertinente para la producción agropecuaria de forma sustentable, pero para su implementación se requiere de nuevos enfoques y de la participación de grupos interdisciplinarios.

Analizar la interacción entre la producción agropecuaria, la sustentabilidad y una sola salud, puede proporcionar elementos para garantizar la producción de alimentos de forma sustentable y manteniendo la salud de los ecosistemas, seres humanos y animales.

## Referencias

- Arredondo-Rivera, M., Barois, Z., Monti, G. E., Steketee, J. & Daburon, A. (2024). Bridging Food Systems and One Health: A key to preventing future pandemics? *One Health*, 18, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100727>
- Bruntland, G., H. (1987). Nuestro futuro común: Informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo (Comisión Bruntland). Ginebra. Organización de las Naciones Unidas.
- Cantú-Martínez, P. C. (2024). Pertinencia de la sustentabilidad. *Ciencia UANL*, 27 (127), 73-79. <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=13533>
- Foladori, G. y Pierri, N. (2005). ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. 1° ed. Edit. Miguel Ángel Porrúa. Universidad Autónoma de Zacatecas. México. 217
- Jiménez-Herrero. (2002). La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. *Revista de economía*, 800, 65-84.

- Manterola, C.; Rivadeneira, J.; Leal, P.; Rojas-Pincheira, C. y Altamirano, A. (2024). Una sola salud. Un enfoque Multisectorial y Transdisciplinario. *Int. J. Morphol.* 42(3): 779-786. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-95022024000300779>
- Mendoza, M. L. M., Murillo, C. D., Gaxiola, R. R., Angulo, C., Lugo, L. O. y Zenteno, S. T. (2022). One Health, Una salud ¿Qué es? ¿Para qué sirve? *Recursos Naturales y Sociedad*, 9 (3): 17-30. <https://doi.org/10.18846/renay-soc.2023.09.09.03.0003>
- Millennium Assessment MEA (2005). *Ecosystems and Human Well-being. Synthesis.* Island Press. Washington, DC. 137 p.
- Organización Mundial de Sanidad Animal. (2023). Una Sola Salud. París, Organización Mundial de Sanidad Animal. <https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/una-sola-salud/>
- Tovar-Vergara, M; González-Rodríguez, G. I. y Sánchez-Robles, R. (2024). EL camino hacia el desarrollo sostenible: La sustentabilidad en la Educación Superior. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades.* 5 (5): 1632-1655. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2732>
- Urbizu-González, A. L., Vázquez-Ruiz, L., Ceballos-Olvera, I., Hernández-Cabrera, W., González-Alanís, P., Goldaracena-Olvera, M. y Vázquez-Sauceda, M. L. (2023). Una sola salud: una perspectiva veterinaria. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 1 (1), 59-69. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i1.5>

## Sobre los autores/as

- Dr. Ernesto Cárdenas Bejarano.** Profesor por asignatura, cuyas líneas de investigación abarcan los sistemas socio ecológicos, sistemas de producción agropecuaria, adscrito a la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas, Email: [ernesto.cardenas@unach.mx](mailto:ernesto.cardenas@unach.mx)
- Dr. Jesús Benjamín Ponce Noguez.** Docente por asignatura de la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios con las líneas de investigación de ecología de parásitos de interés médico y veterinario para la región sureste de México. Email: [jesus.ponce@unach.mx](mailto:jesus.ponce@unach.mx)
- Dr. Hugo Josué Molina Gómez.** Docente de la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios. Profesor por asignatura A. Las líneas de investigación de interés abordan temas sobre la producción en sistemas agropecuarios, desarrollo rural con enfoque sustentable y economía (cadena de producción hasta la comercialización). Email: [hugo.molina@unach.mx](mailto:hugo.molina@unach.mx)
- Dr. Geiner Francisco Álvarez Sánchez.** Docente de la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas. La línea de investigación de interés es la inocuidad y calidad fisicoquímica y sensorial de los alimentos. Email: [geiner.alvarez@unach.mx](mailto:geiner.alvarez@unach.mx)



# La tinta que deja huella: El impacto silencioso de los tatuajes

Ana Paula Martínez González





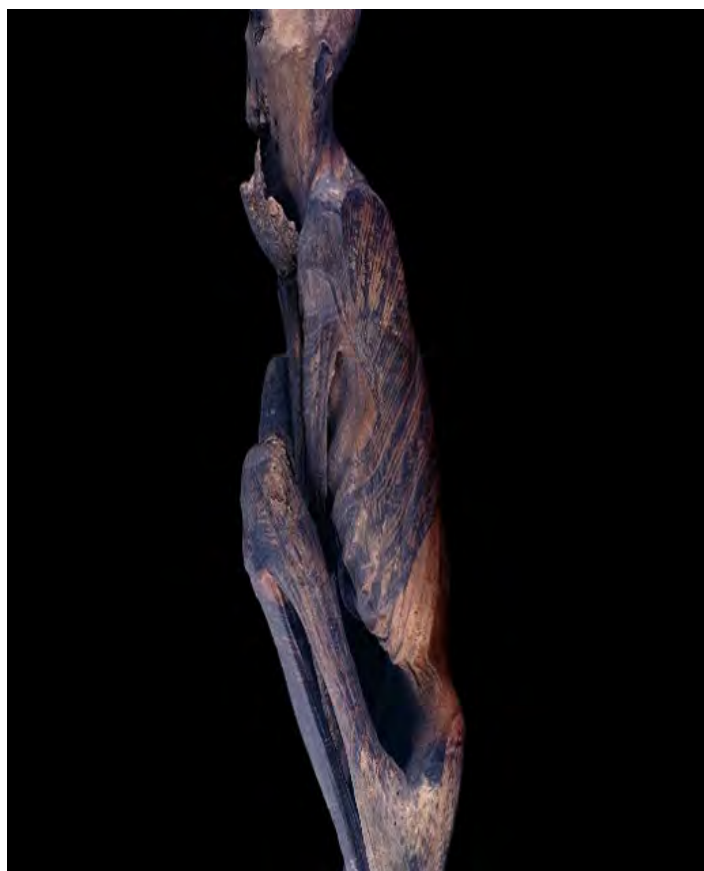
## Resumen

El tatuaje es una práctica ancestral que ha evolucionado desde sus usos culturales y espirituales hasta convertirse en una forma de arte corporal ampliamente aceptada. Consiste en introducir tinta en la dermis mediante agujas, lo que provoca una respuesta del sistema inmunológico al reconocerla como un agente extraño. Los macrófagos intentan eliminar las partículas, aunque muchas permanecen encapsuladas, generando inflamación local o incluso sistémica. Las tintas modernas, en su mayoría diseñadas originalmente para otras industrias, contienen compuestos orgánicos y metales pesados que pueden producir reacciones adversas, desde granulomas hasta enfermedades autoinmunes. Además, la inflamación crónica asociada a los tatuajes puede contribuir al desarrollo de patologías como diabetes tipo 2, cáncer o problemas cardiovasculares. Paralelamente, la ciencia investiga nuevas alternativas, como tintas veganas, opciones biocompatibles y los llamados “tatuajes inteligentes”, que permiten monitorear enfermedades a través de cambios visibles en la piel. Así, el tatuaje se sitúa entre la expresión artística y la biotecnología emergente.

## Introducción

El tatuaje dérmico consiste en una modificación corporal permanente en el que se introducen grandes cantidades de tinta debajo de la piel, específicamente en la dermis, a través del uso de agujas que perforan re-

petidamente la superficie, con la finalidad de crear un diseño con coloración permanente. Desde tiempos antiguos, los tatuajes han sido más que algo estético, en diferentes culturas, como la egipcia, se han encontrado momias tatuadas con fines protectores o curativos, así mismo, en tribus polinesias, los tatuajes se utilizaban para narrar historias o representar el estatus social, mientras que, en Japón, eran utilizados mayormente con fines espirituales (Figura 1).



**Figura 1.** Restos del cuerpo tatuado de Apo Annu, antiguo líder tribal de la provincia de Benguet, Filipinas, quien murió hace más de 500 años. Los tatuajes, de patrones geométricos y animales, eran aplicados tradicionalmente como símbolo de valor en combate. Fotografía de Gunther Deichmann, publicada por National Geographic (2023).

A lo largo del tiempo, el uso de tatuajes ha formado parte de la historia humana como una forma de expresión corporal y cultural; sin embargo, en los últimos años, su popularidad ha aumentado notablemente a nivel global, ampliando su uso incluso a zonas más delicadas, como la mucosa oral y el globo ocular. Pero ¿Alguna vez te has preguntado qué ocurre en tu cuerpo después de que la tinta atraviesa la piel?

A la par de la evolución de los tatuajes, han evolucionado también las tintas que se emplean, las cuales, de igual forma, tienen su historia que va desde el uso de mezclas rudimentarias compuestas por pigmentos insolubles en agua o glicerina, a fórmulas modernas pero que originalmente fueron diseñadas para la industria automotriz o de impresión, en las que predominan en su mayoría componentes orgánicos, así como algunos metales: plomo, cadmio, vanadio, manganeso, antimonio y mercurio. Estas composiciones varían considerablemente según sea el color del pigmento, por ejemplo, el color rojo puede contener mercurio (sulfuro de mercurio), el amarillo cadmio, el azul cobalto y el verde, compuestos como cromo, de tal manera que nos referimos no solamente a una mezcla de colores, sino a sustancias con una variedad de solventes y aditivos que son introducidos directamente a la dermis.

Se estima que se inyectan alrededor de 14.36 mg de tinta por  $\text{cm}^2$  de piel, a una profundidad de 1-3 mm, y una vez en la piel, es evidente que el cuerpo reconocerá a la tinta como un agente extraño. Cuando esto pasa, el sistema inmunológico se activa de manera inmediata ante la presencia de un microor-

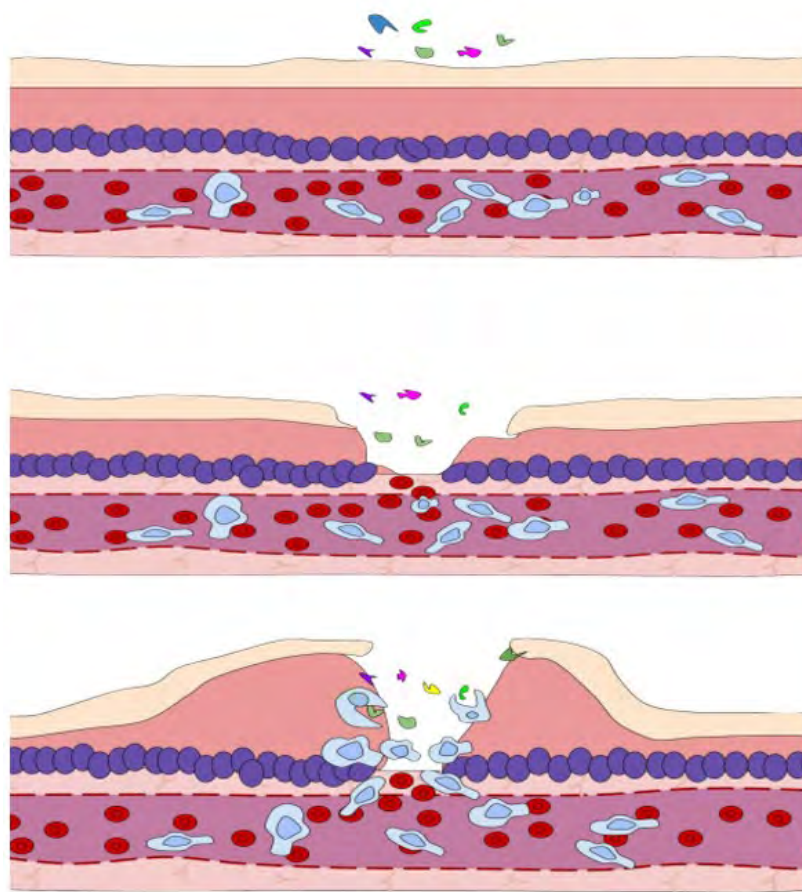
ganismo patógeno o simplemente alguna partícula extraña y, como es su función, alerta al resto del cuerpo, intentando realizar un reclutamiento de células inmunes que impida posibles daños o la propagación de estos.

Aunque los tatuajes no significan infección de un microorganismo patógeno, la tinta que se inyecta, es reconocida como material extraño, por lo que, las células inmunitarias, especialmente los llamados macrófagos, que son como los “basureros” del cuerpo, hacen su trabajo, que es detectar agentes extraños que no deberían estar ahí y “comérselos” para evitar su propagación a otros sistemas y alertar a otras células del sistema inmunológico para obtener refuerzos de otros componentes como los neutrófilos y células dendríticas para poder, de manera conjunta, luchar contra lo extraño. En ciertos casos, el sistema inmunológico no logra eliminar las partículas de tinta, y en este intento fallido, forma pequeñas masas llamadas granulomas, estos granulomas son como “muros” celulares que se encargan de encapsular a las sustancias extrañas. En otros casos, puede desarrollarse una condición llamada sarcoidosis cutánea, en la cual, se forman nódulos inflamatorios en la piel o en órganos internos.

El grado de toxicidad de las tintas, puede ser muy variable; además de su color, también influye su composición química y concentración de compuestos, por ejemplo, la tinta negra en particular, suele contener un componente llamado negro de humo y otros como hidrocarburos aromáticos policíclicos, aminas aromáticas y fenoles, todos relacionados con efectos mutagénicos, así

como partículas resistentes a la degradación por enzimas o macrófagos, haciendo que puedan permanecer en la dermis durante muchos años y generar reacciones inflamatorias locales y sistémicas.

Cuando hablamos de inflamación sistémica, en el contexto de los tatuajes, nos referimos a una respuesta que no se queda únicamente en la zona de la piel donde se aplica la tinta, sino que puede extenderse viajando por todo el organismo, y generando una especie de “alarma general”, y, a diferencia de una inflamación aguda (como cuando te cortas, la piel se enrojece y duele mientras se cura), en este tipo de inflamación sistémica no hay siempre síntomas evidentes, pero internamente, el sistema inmunológico sigue reaccionando como si hubiera una amenaza constante (Figura 2).



**Figura 2.** Representación esquemática de la respuesta inmunitaria innata. Durante el proceso inflamatorio, los glóbulos blancos reconocen y atacan cualquier agente extraño, como las partículas de tinta, generando una respuesta defensiva inespecífica. Este mismo mecanismo, cuando se activa de forma prolongada o sin una amenaza real, puede contribuir al desarrollo de enfermedades autoinmunes o inflamación crónica. Wikimedia Commons. (s.f.). Immune response. Recuperado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Immune\\_response.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Immune_response.svg)

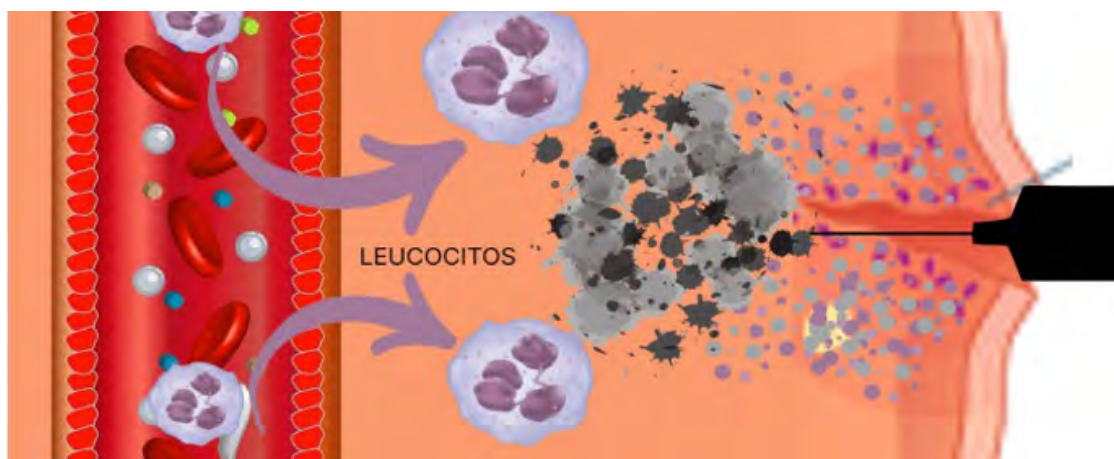


## ¿Qué sucede con esta inflamación?

Aunque los tatuajes hoy en día son vistos como una forma de arte corporal muy común, se ha documentado que generan en el cuerpo una serie de respuestas biológicas que pueden extenderse desde los primeros días después de realizarse, hasta muchos años después de su aplicación, generando una inflamación persistente o incluso crónica debido a que no deja de ser un agente extraño, este puede permanecer encapsulado en la piel durante décadas, estimulando el sistema inmune de forma continua y esto, no necesariamente puede observarse o sentirse, pero la inflamación sigue ahí, silenciosa, como una constante alarma dentro de tu cuerpo.

Si bien, aún no todo está comprobado completamente, cada vez hay más estudios que confirman este análisis, en donde se demuestra cómo los tatuajes pueden activar procesos inflamatorios desde el primer día y mantener este estado durante muchos años, y gracias al empleo de modelos de estudios en 3D de piel humana, hoy sabemos que el tatuaje puede no ser un proceso inocuo, sino que activa vías de señalización que se dedican a generar señales de inflamación, tanto local como sistémico.

Así mismo, aunque no es común, algunos estudios han asociado el tatuaje con la reactivación o aparición de diferentes tipos de enfermedades autoinmunes (Figura 3) como, por ejemplo, lupus, psoriasis o artritis reumatoide, considerando que, en personas que cuentan con cierta predisposición y mediante esta estimulación continua del sistema inmunológico, puede servir como un factor detonante del desarrollo de estas enfermedades.



**Figura 3.** Representación esquemática de la activación del sistema inmunológico tras la introducción de tinta en la piel mediante un tatuaje. Al detectar los pigmentos como agentes extraños, los leucocitos (principalmente los neutrófilos y otros fagocitos) son reclutados desde el torrente sanguíneo hacia el sitio de entrada, iniciando una respuesta inflamatoria que busca contener y eliminar el material. Imagen elaborada por la autora.

## ¿Y por qué puede ser peligrosa una inflamación crónica?

El cuerpo, al verse de forma constante en este estado de alarma, se ha demostrado que puede generar un desgaste progresivo, afectando tejidos y órganos de forma silenciosa, y, largo plazo, este tipo de inflamación se ha relacionado con distintas enfermedades como el cáncer, la diabetes tipo 2, problemas cardiovasculares, trastornos autoinmunes y envejecimiento acelerado. Es como si tu cuerpo estuviera en constante guerra contra una amenaza clara, lo cual, puede terminar cansándolo y dañándolo.

Además, gracias a la tecnología, hoy en día es posible crear modelos tridimensionales de piel humana en el laboratorio, los cuales han permitido estudiar cómo se comporta la tinta sin necesidad de utilizar modelos en vivo, ayudando a evidenciar que incluso sin síntomas, la tinta puede activar genes que se relacionan con inflamación desde el primer día del tatuaje.

Por otra parte, el uso de tintas no reguladas, no solo pueden dañar al cuerpo humano. Los residuos que se producen durante el proceso, como las agujas, tintas o envases, también pueden representar un riesgo para el medio ambiente si no se manejan y desechan de forma correcta, ya que algunos pigmentos pueden liberar metales pesados al agua, afectando también a otro tipo de seres vivos.

Afortunadamente, cada vez más estudios y artistas buscan la implementación de opciones más seguras, como, por ejemplo, el uso de tintas veganas, libres de metales pesados o con certificaciones dermatológicas en donde se busca reducir al máximo todos los riesgos que se han citado durante este artículo, evolucionando hacia una mayor conciencia ecológica y una mejor biocompatibilidad.

Así mismo, en años más recientes, la ciencia ha comenzado a involucrar y a aprovechar el arte del tatuaje, combinándolo con un enfoque biotecnológico, dando lugar a los llamados “tatuajes inteligentes”, siendo uno de los desarrollos más prometedores en esta área, por ejemplo, tatuajes que tienen la capacidad de cambiar de color en respuesta a los diferentes niveles de glucosa en el organismo con el objetivo de permitir un monitoreo continuo y no invasivo en personas que sufren de diabetes.

Diferentes investigaciones, como por ejemplo la de Pazos et al. (2021), han demostrado la implementación de biosensores colorimétricos en la piel, que utilizan diferentes enzimas, como la glucosa oxidasa y peroxidasa, junto con otro tipo de reactivos, que permite generar un cambio visible de color en función a las concentraciones de glucosa. Aunque muchos de estos estudios aún se encuentran en fase experimental o han sido probados únicamente en tejidos artificiales o de animales, abren la puerta a un futuro en el que los tatuajes no solo se limiten a tener un valor estético, sino también, puedan convertirse en una herramienta útil para el mo-

nitoreo de diferentes tipos de enfermedades, generando avances hacia una medicina más integral, personalizada y accesible.

Todo esto no nos lleva a una certeza absoluta, pero invita a reflexionar y profundizar en los posibles riesgos asociados al uso de tatuajes, especialmente en lo que respecta a sus efectos a largo plazo; además, no se busca prohibir o juzgar la expresión artística del tatuaje, sino abrir investigación a nuevas formas de comprender tanto sus posibles efectos adversos, como sus posibles aplicaciones futuras, incluyendo el desarrollo de tintas más biocompatibles y métodos de aplicación menos invasivos, permitiendo conciliar el respeto por la libertad individual de expresión, con el cuidado de la salud a largo plazo, siendo importante resaltar que es posible cuidar de ambos aspectos, tanto la identidad que se busca expresar a través de la piel, como la preservación y el bienestar del sistema que nos sostiene desde adentro.

## Conclusión

El tatuaje no es un proceso inocuo: implica respuestas inmunológicas que pueden prolongarse durante años. Sin embargo, con investigación y regulaciones adecuadas, puede transformarse en una herramienta biomédica innovadora y, al mismo tiempo, una expresión cultural segura.

## Referencias

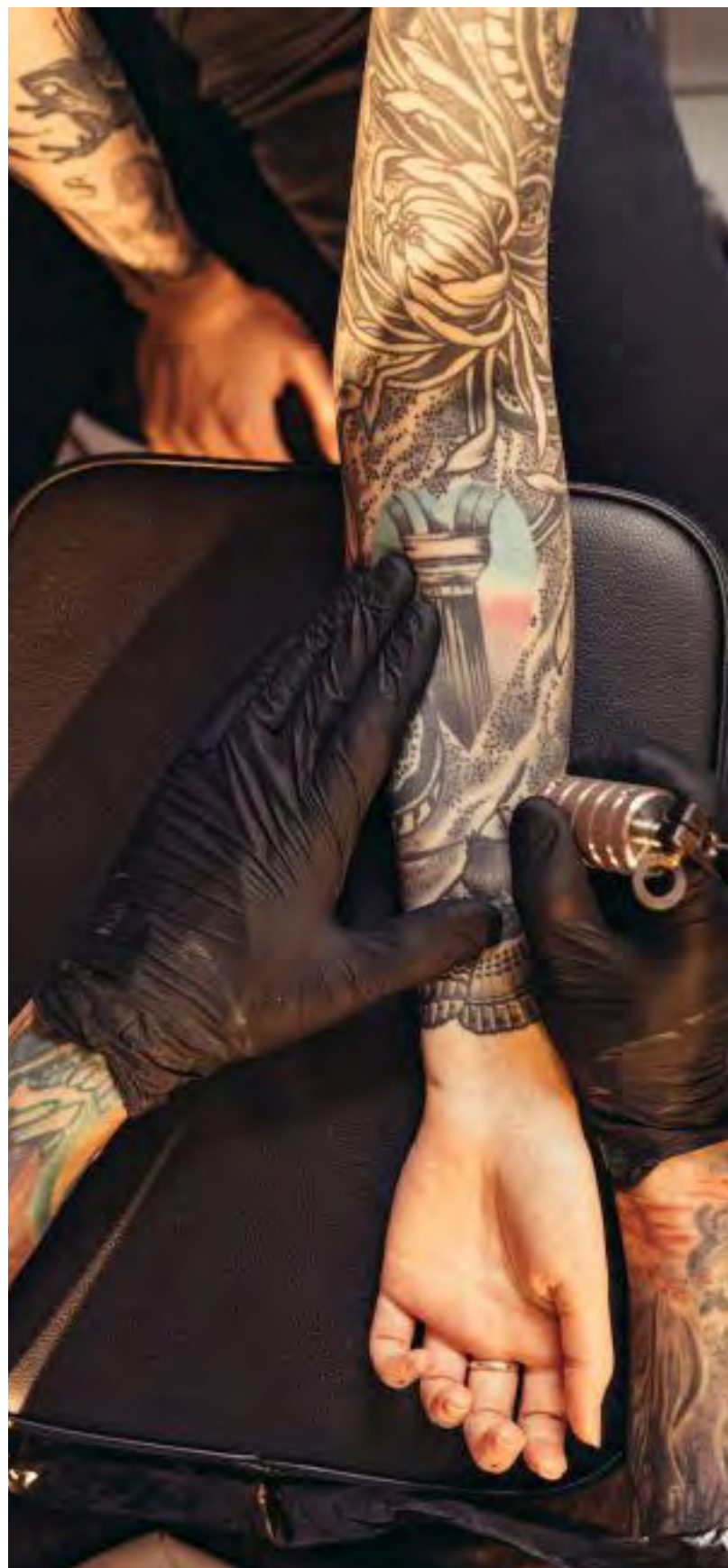
- Bose R, Sibley C, Fahim S. (2020). Granulomatous and systemic inflammatory reactions from tattoo ink: Case report and concise review. *SAGE Open Med Case Rep.* 28;8:2050313X20936036. Doi: 10.1177/2050313X20936036. PMID: 32782801; PMCID: PMC7388091
- Dodig S, Čepelak-Dodig D, Gretić D, Čepelak I. (2024). Tattooing: immediate and long-term adverse reactions and complications. *Arh Hig Rada Toksikol.* 29;75(4):219-227. Doi: 10.2478/aiht-2024-75-3921. PMID: 39718089; PMCID: PMC11739707.
- Muñoz-Ortiz J, Gómez-López MT, Echeverry-Hernández P, Ramos-Santodomingo MF, de-la-Torre A. Dermatological and Ophthalmological Inflammatory, Infectious, and Tumoral Tattoo-Related Reactions: A Systematic Review. *Perm J.* 2021 May 26;25:20.225. doi: 10.7812/TPP/20.225. PMID: 35348060; PMCID: PMC8817925.
- Negi S, Bala L, Shukla S, Chopra D. (2022). Tattoo inks are toxicological risks to human health: A systematic review of their ingredients, fate inside skin, toxicity due to polycyclic aromatic hydrocarbons, primary aromatic amines, metals, and overview of regulatory frameworks. *Toxicol Ind Health.* 38(7):417-434. Doi: 10.1177/07482337221100870. Epub 2022 May 19. PMID: 35592919.
- Pazos, M. D., Hu, Y., Elani, Y., & Yetisen, A. K. (2021). Tattoo inks for optical biosensing in interstitial fluid. *Advanced Healthcare Materials*, 10(21), 2101238. <https://doi.org/10.1002/adhm.202101238>.



- Reddersen K, Gregersen DM, Tittelbach J, Wiegand C. (2025). Tattooed human in vitro skin model for testing the biocompatibility of tattoo inks and healing progression after tattooing. *Sci Rep.* 17;15(1):2277. Doi: 10.1038/s41598-025-86813-2. PMID: 39833528; PMCID: PMC11747334.
- Sozer Karadagli S, Kaftan G, Cansever I, Armağan G, Sogut O. (2024). Tattoo inks: evaluation of cellular responses and analysis of some trace metals. *Biometals.* 37(2):495-505. Doi: 10.1007/s10534-023-00564-z. Epub 2023 Dec 1. PMID: 38038794.
- Valbuena MC, Franco VE, Sánchez L, Jiménez HD. (2017). Sarcoidal granulomatous reaction due to tattoos: report of two cases. *An Bras Dermatol.* 92(5 Suppl 1):138-141. Doi: 10.1590/abd1806-4841.20175860. PMID: 29267473; PMCID: PMC5726704.
- Van der Bent SAS, Rauwerdink D, Oyen EMM, Maijer KI, Rustemeyer T, Wolkerstorfer A. (2021). Complications of tattoos and permanent makeup: overview and analysis of 308 cases. *J Cosmet Dermatol.* 20(11):3630-3641. Doi: 10.1111/jocd.14498. Epub 2021 Oct 3. PMID: 34605159.

## Sobre la autora

**Ana Paula Martínez González**, Química Farmacobióloga y estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud. Actualmente, se encuentra iniciando su línea de investigación centrada en el estudio de especies reactivas de oxígeno como factor de envejecimiento. Tiene un fuerte interés en la divulgación científica y en hacer accesible el conocimiento especializado al público general, colaborando en proyectos que buscan presentar el conocimiento científico de manera más clara y accesible. Email: 1608171b@umich.mx





# CONVOCATORIA

El Consejo Editorial de la revista digital PaCiencia Pa´Todos invita a la comunidad académica y al público interesado a enviar artículos de divulgación científica para su publicación.

PaCiencia Pa´Todos es una revista digital de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, adscrita a la Cátedra UNESCO Universidad e Integración Regional. De carácter semestral, tiene como propósito acercar la ciencia, la tecnología, la cultura y el arte a un público amplio, en especial a jóvenes de bachillerato y licenciatura interesados en el conocimiento.

Las contribuciones deben estar redactadas en un lenguaje claro, ágil y atractivo, evitando tecnicismos innecesarios. En caso de emplear términos especializados, estos deberán explicarse de manera sencilla para garantizar su comprensión por un público diverso. Como parte de nuestras buenas prácticas editoriales, utilizamos el software Compilatio para la detección de plagio y el uso de inteligencia artificial en la redacción de los textos.

En esta edición, el número 19 de la revista está dedicado a reflexionar sobre el tema:

## CULTURA DE PAZ, EN TIEMPOS DE GUERRA

Buscamos artículos que exploren cómo la ciencia, la tecnología, la educación y la cultura han contribuido a la construcción y fortalecimiento de una cultura de paz, pero también cómo, en distintos momentos históricos, estas mismas áreas han sido empleadas en el desarrollo y la justificación de la guerra.

Convocatoria abierta hasta el **31 de diciembre de 2025**  
Consulta la política editorial y las recomendaciones para autores, así como el envío de trabajos, en:

<https://publicaciones.aragon.unam.mx>

### Contacto:

[pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com](mailto:pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com)



Facultad de  
Estudios  
Superiores  
Aragón  
Órgano oficial de información





# Una Sola Salud:

la visión integral del  
Dr. Juan Garza frente  
a los retos del siglo XXI

Paola Edith Briseño Lugo



## Resumen

El Dr. Juan Garza, pionero del concepto de **“Una Sola Salud”** en la UNAM, reflexiona sobre la necesidad de comprender la salud como un equilibrio integral entre humanos, animales y medio ambiente. Señala que el modelo de desarrollo basado en intereses económicos ha acelerado el deterioro ambiental, generando desequilibrios que favorecen la transmisión de enfermedades, como la influenza H1N1 o el COVID-19. Destaca que la solución requiere un enfoque preventivo y colaborativo, privilegiando la higiene, la disponibilidad de agua potable y las buenas prácticas productivas sobre la dependencia excesiva de antimicrobianos. En el ámbito educativo, critica la rigidez de los planes de estudio y aboga por una formación transversal, interdisciplinaria y flexible que prepare a los estudiantes para afrontar problemas complejos. Para él, la construcción de una sola salud es una tarea compartida, donde la cooperación entre disciplinas, instituciones y sectores sociales resulta indispensable para un futuro sostenible.

**Iniciamos la entrevista sobre este tema de una sola salud al Dr. Juan Garza de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, pionero en el concepto de “una sola salud”. Quisiera comenzar preguntándole ¿qué significa para usted el concepto de una sola salud?**

## y ¿qué implicaciones tiene en este contexto de los grandes cambios climatológicos que estamos viviendo?

Vamos a empezar por lo último. La explosión demográfica ha provocado que el desarrollo tecnológico y los estilos de vida conviertan al hombre en un depredador de la naturaleza. Entonces, si somos conscientes de ello, podemos seguir desarrollándonos. Podemos seguir superando nuestro nivel de vida sin deteriorar la naturaleza. Se necesita un giro importante, porque no solamente se trata de lograr un desarrollo, sino que tenemos que lograr un desarrollo que hemos llamado sostenible, en el sentido de que hay que impulsar una evolución en armonía entre los humanos y el ecosistema en donde nos desarrollamos. Cuando se empezó a crear conciencia de esto, se integraron todos los países en una reunión internacional en 1992, que fue la Cumbre de Río, y ahí establecieron que se necesitaban tres elementos para que la humanidad alcanzara el desarrollo: la sociedad, el ambiente y la economía. Pero se les ocurrió poner en lo alto del diagrama a la economía, lo que ocurrió fue que todas las decisiones se hacían pues, bajo el interés económico, resultando en algo peor porque se aceleró el daño al ambiente debido a las acciones humanas. Se hizo otra reunión Río más 20 y primero que nada, se puso a la economía abajo del ambiente y de la sociedad. Al estar en armonía esos tres elementos, la consecuencia de ese trabajo uniforme fue el alcanzar un nuevo concepto de “Salud”, entendida como un estado no solamente

te de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de enfermedad, que es la definición de la Organización Mundial de la Salud, sino en un sentido más amplio, pensar en una salud integral, transversal, transdisciplinaria e intersectorial, lo que dio origen a que nos diéramos cuenta de que el concepto de salud estaba orientado exclusivamente a los humanos y peor aún, estaba débilmente arrojado por la sociedad, en el sentido de que era egoísta y frecuentemente se buscaba una salud para los humanos, que estaba deteriorando al ecosistema y por lo tanto hubo ejemplos muy claros de retroceso, en donde se potenció el deterioro a los ecosistemas, y fue evidente que lo que estaba haciendo la humanidad era precisamente un daño a su entorno. Entonces, empieza a surgir, una visión ya más puntual de que ese concepto de salud, deteriora al medio ambiente y que ese deterioro del medio ambiente propicia dentro de los cambios del ecosistema, que las especies silvestres animales que se encontraban en sus nichos, se acercaran a los humanos, claro por la invasión de los humanos y de las otras especies animales, particularmente de la ganadería, que se utiliza para producción de alimentos. De tal manera que esta combinación entre las especies silvestres, el deterioro ambiental del equilibrio entre las zonas selváticas y silvestres, propició que algunas enfermedades que se encontraban prevalentes, pero sin representar mayor riesgo de epidemias en los ecosistemas silvestres, fueran transferidas a animales domésticos, a animales productivos de ganadería y a los humanos. Y aquí tenemos ejemplos como la influenza

H1N1 que provocó una pandemia en 2009 y peor aún, el desastre mundial que provocó la epidemia de COVID-19. Este coronavirus realmente vino a trastocar el equilibrio y a demostrarnos que el desarrollo que tanto pugnamos, no es gratuito y que tiene consecuencias fatales. Entonces este sería un preámbulo de una respuesta general a su pregunta temática.

**La verdad es que es importante reflexionar sobre esto ¿qué tanto tenemos que pagar por el avance? y por las grandes comunicaciones, las grandes migraciones y bueno, digamos que la salud y “una sola salud” del ambiente, de los animales, de los seres humanos, sin duda este deterioro ambiental es un costo muy grande que pagar por el avance. Y bueno, usted además de ser pionero en este campo de una sola salud, también es docente. Cuenta con una trayectoria de muchos años de docencia en nuestra Universidad, quiero preguntarle ¿cómo considera usted que debemos, desde la docencia, abordar este concepto de una sola salud? ¿Qué nos aconseja como docentes? Porque usted se desempeña en un campo de mucho impacto, en una sola salud, el campo de la veterinaria.**



En 1955 las Facultades y escuelas que conforman a nuestra Universidad Nacional Autónoma de México, se encontraban dispersas por toda la ciudad, cuando se llevaron a Ciudad Universitaria, se crearon las condiciones para que hubiera no solamente un desarrollo de cada una de las disciplinas, sino que hubiera un desarrollo interdisciplinario, transdisciplinario e intersectorial pero lamentablemente no se dio el caso. Y no se dio el caso porque hemos tenido una educación, a pesar del cambio de Ciudad Universitaria, se mantuvo esta de carácter disciplinario gremial, en donde cada una de las profesiones defiende su territorio, considera que es superior su responsabilidad, quiere buscar el liderazgo, quiere mantenerlo y entonces nos dedicamos desde la creación de nuestra UNAM en Ciudad Universitaria a competir los unos con los otros, no a cooperar. Bueno, el tiempo nos ha dicho que para avanzar hay que hacer actividades de carácter transversal, e insisto, multidisciplinario. Y se hicieron muchas actividades e investigaciones, pero no a título institucional, sino a título personal. Los académicos formaron núcleos, formaron algunos sistemas, se realizaron esfuerzos por desarrollar actividades de carácter interdisciplinario. Surgen dos fenómenos, uno fue la creación de las inicialmente llamadas escuelas nacionales de socios profesionales, donde en cada una de ellas, al haber varias carreras, se dieron las condiciones para que se multiplicarán las posibilidades y los esfuerzos para el trabajo multidisciplinario y las ahora Facultades de Estudios Superiores, proyecto mucho más enriquecedor en el sentido de que hay amplias posibilidades de

trabajo colaborativo. Otro fenómeno reciente en la UNAM fue que, a partir del Congreso Universitario, en el segundo periodo del rectorado del Dr. José Sarukhán, se crean los consejos académicos de área. Confluyen lo que estaba disperso en facultades, escuelas, institutos y centros de las diferentes áreas y se dan las posibilidades de impulsar el trabajo horizontal, el trabajo de cooperación y dejar de un lado las competencias. Esto está en el papel. Yo fui coordinador fundador del Consejo Académico de Ciencias Biológicas y de la Salud. El tema es que estos consejos académicos de área establecen las posibilidades reales de impulsar investigaciones, que se trabaje en conjunto, siendo menos rígidos en los programas de estudio, de tal manera que los alumnos puedan tomar materias, con una cierta flexibilidad dentro de los programas. Esto en las escuelas y facultades de Ciudad Universitaria no se da con mayor facilidad, al menos en las FES, los alumnos toman materias junto con alumnos de otras carreras de otras disciplinas y esto les abre los ojos de la riqueza que esto representa. Entonces tenemos muchos pendientes en la UNAM y ojalá que la publicación que ustedes están preparando abra los ojos a algunos miembros de la comunidad universitaria y algunas de nuestras autoridades, en el sentido de que hay mucho por avanzar trabajando en forma multidisciplinaria, transdisciplinaria, interinstitucional, intersectorial. Hay mucho que se puede avanzar y yo diría que los consejos académicos de área son un espacio que todavía tiene mucho que dar de sí. Cuando yo traté de impulsar estas cosas, me dijo el Dr. Soberón que primero

aflanzamos la estructura académica de cada institución para luego pasar a la disciplina y a la interdisciplina. Pero no se ha dado esto de manera clara y yo creo que han avanzado más los ejemplos de este carácter en las FES ahora. Conversando hace ya casi un año, un año y medio con nuestra Secretaria General de la UNAM, la Dra. Patricia Dávila, me comentaba de la preocupación de que en facultades como la mía (FMVZ), los alumnos tuvieran un plan de estudios excesivamente rígido que no les permitiera alcanzar una riqueza transdisciplinaria, tomando materias de otras carreras para complementar los requisitos del número de créditos para las carreras. Efectivamente, las carreras han sido muy endogámicas en el sentido de que se han desarrollado únicamente para su propio plan de estudios y disciplinas. Tratan de defender su territorio y esto ha ido en contra del anhelo y de la necesidad que cubrimos como universitarios del trabajo horizontal. Entonces ojalá que esta entrevista abra los ojos a muchas personas y recuerde a nuestras autoridades y compañeros universitarios que hay mucho más que hacer, sobre todo si trabajamos en forma integrada. Y aquí voy a decir algo complicado, nos quejamos de que el gobierno federal, los gobiernos estatales y municipales, no tienen una integración apropiada. Y claro, cada Secretaría de Estado en el gobierno tiene perfectamente bien definidas sus funciones, pero muy débilmente estimulan las actividades de cooperación para resolver los problemas complejos de la sociedad, pobreza, cambio climático, salud, educación; son temas intersectoriales, intergubernamentales. Pero las secretarías

de Estado no están diseñadas para cooperar, cada una de ellas mantiene su nivel hegemónico sobre las otras y en el tema de una sola salud, cuando menos deberían de participar tres o cuatro, voy a mencionar las cuatro que yo considero principales, las Secretaría de Salud, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y la Secretaría de Educación, la de Bienestar también y otras más. Pero esas secretarías deberían de estar trabajando en cooperación; al no hacerlo, están incumpliendo. Pero lo mismo podemos decir, criticando lo que hacemos dentro de la UNAM. Y es obvio que si los responsables, los titulares de esas secretarías de Estado fueron educados bajo un modelo semejante al de la UNAM, pues a la hora de ejercer los gobiernos cada quien sigue defendiendo su territorio, defendiendo su disciplina, defendiendo su sector, siendo endogámicos y no buscando cómo crecer a nivel transversal. Yo creo que aquí tenemos mucho que hacer dentro de la UNAM también para propiciar que a nivel de los gobiernos, se impulsen actividades de carácter intersectorial. A mí me aterraba la idea de la administración federal pasada, de que se impulsará que cada Secretaría de estado se fuera a una ciudad distinta, si estando todas dentro de la Ciudad de México no cooperan, imagínese cuando una está en Hermosillo y la otra en Yucatán, una en Acapulco y la otra en Puebla. No, deben de estar cerca físicamente, pero también en la operación cada uno defiende sus canicas, no estamos acostumbrados a trabajar en forma de equipo, no estamos acostumbrados a ser participativos. Cada uno quiere ser el dueño

de su espacio y así no vamos a avanzar para el tema de una sola salud. Hay que romper las cadenas que evitan esta cooperación interdisciplinaria y yo creo que las FES nos pueden dar ejemplos muy claros de avances. Gracias a su estructura multidisciplinaria.

**Sí, doctor, tiene mucha razón, de hecho, la FES Cuautitlán es un ejemplo de muchas áreas colaborando, del área de Ciencias Químicas, la carrera en Ingeniería Agrícola, la carrera en Medicina Veterinaria y Zootecnia, etc. hacemos cosas interesantes en colaboración, pero tiene que ser más grande. Y efectivamente ha ido permeando esta visión de que los estudiantes puedan ser un poco más flexibles en cuanto a las asignaturas que toman y de verdad que es un enriquecimiento enorme tener en nuestras aulas a estudiantes de otras carreras que le imprimen, digamos una visión diferente a sus propios compañeros. El aprendizaje que se da ahí entre pares es muy interesante.**

Bueno, pues sí, yo lamento que esto que usted me narra con tanto orgullo y además con gran satisfacción que se da en las FES. Pero sí, perdón, pero que esto no se dé en los espacios como mi Facultad en zona universitaria (FMVZ), en donde si un alumno quiere

llevar economía en la Facultad de Economía no puede, tiene que llevar economía impartida por veterinarios. Yo no tengo nada contra los economistas veterinarios, pero yo creo que tienen mucho que enseñarnos los economistas a los veterinarios que queremos incidir en la economía y lo mismo en otros temas, es justo allí en donde caben estas cooperaciones y estos brincos, más allá de las estructuras rígidas que se mantienen en los recintos académicos.

**Y bueno, yo recuerdo la primera vez que lo vi hablar en público. Estaba usted dictando una charla sobre el uso racional de los antibióticos, Entonces, pensé “este es un tema fuerte, importante, que impacta a muchas de las de las carreras de nuestra universidad y a toda la sociedad”, porque es un tema en el que tenemos deudas, ¿no? Y digo deuda porque pues yo soy Química Farmacéutica Bióloga (QFB), entonces pues el área farmacéutica está ahí, con las manos en la masa. ¿Qué opina usted respecto a las medidas que se han tomado para el uso racional de los antibióticos? Y ¿cuáles considera que son los retos más graves que enfrentamos en estos próximos años?**

A ver, yo hablaría no de antibióticos, sino de antimicrobianos, para dar el término aún un poco más amplio. Cuando hablamos



de antimicrobianos, todos pensamos en sustancias orientadas a evitar el crecimiento de microorganismos, ya sea virus, protozoarios, bacterias, etc. Pero no nos damos cuenta de que, al utilizarlos en demasía, lo que estamos haciendo es propiciar que sobrevivan variedades de estos microorganismos, resistentes al efecto de estos antimicrobianos. Los agentes terapéuticos, cuando son utilizados de manera irracional, pues cavan su propia tumba porque propician que los microorganismos a los que estaban orientados a controlar, desarrollen resistencia y se vuelvan incapaces de restablecer un equilibrio necesario.

Yo creo que ha sido denostada la industria farmacéutica porque produce antimicrobianos, porque propicia y propone su uso, pero no su uso racional. Y quienes utilizamos a los antimicrobianos no nos damos cuenta de que lo que tenemos que hacer es mejorar las condiciones de nuestro entorno para evitar que haya microorganismos conviviendo con las personas y los animales y nos están enfermando y eso provoque la necesidad de que usemos antimicrobianos. Si hubiera agua potable y segura, se disminuiría drásticamente la necesidad de antimicrobianos. Esto lo estoy diciendo para los humanos, pero también para los animales. Claro, porque, primero que nada, el 70 % de los antimicrobianos se utilizan en el sector agropecuario y el 30 % en medicina humana. Entonces, tenemos que darnos cuenta de que la higiene, las buenas prácticas de producción, el consumo y disponibilidad de agua potable son indispensables para evitar que exista el riesgo de que sea necesario el

uso de los antimicrobianos. Entonces aquí hay un problema en donde a la farmacéutica le echan la culpa, pero los gobiernos no se preocupan por dotar de agua potable a toda la población, o peor aún, le dan dádivas de dinero pero no les brindan lo que se ha establecido en la Constitución. Sí hay derecho a la protección de la salud, pues tiene que haber agua potable, tiene que haber alimentos inocuos, tiene que haber un ambiente ausente de agentes infecciosos, de agentes causantes de enfermedades, pero es más cómodo vivir en una inmundicia, comer cualquier cosa y tomar antibióticos para compensar el riesgo que estamos teniendo de acercarnos a una enfermedad infecciosa. Entonces yo creo que hay mucho por aprender pero quizá tendría esto que empezar por el sector salud, por el sector de bienestar social, en donde la Secretaría de Salud, pues está muy lejos de estar estimulando que haya disponibilidad de agua potable para todos los humanos. Yo no digo que la agricultura y desarrollo rural no tengan responsabilidad, pues generalmente con que haya agua de alguna acequia o de algún arroyo, se use agua estancada, se la dan los animales, creyendo que con eso estamos resolviendo su problema de dotación. Entonces hay mucho por hacer. Y, por otro lado, yo veo a la Secretaría de Medio Ambiente, haciendo sus esfuerzos de tratar de impulsar un uso racional del agua, de utilizar el agua de la mejor calidad para las poblaciones humanas en las ciudades, pero estamos distraídos y ausentes de cooperación con la Secretaría de Agricultura, para que esa agua que si se da a los animales de producción sea de la mejor calidad posible, potable, obvia-

mente, lo mismo para los humanos. Y entonces cada Secretaría está caminando en una dirección sin confluir. Todos hacen su esfuerzo, todos trabajan, pero no alcanzan el nivel óptimo, que es el resultado del esfuerzo colectivo. Entonces, yo creo que es muy importante, que el tema de los antimicrobianos se vea más allá de una pugna entre la industria farmacéutica, el sector salud y los usuarios, y que en realidad nos demos cuenta de que si todos viviéramos en un ambiente donde se cumplen las buenas prácticas y estemos alejados de los microbios, pues necesitaremos menos antimicrobianos. Esto no se ha entendido y creo que la pugna va más orientada a tratar de prevalecer en el negocio y no en la solución.

Dando una plática en uno de los hospitales de esta gran Ciudad de México, cuando me quejaba yo de que muchas de las decisiones que se toman pues resultan insuficientes, uno de los médicos me dijo es que Dr., estamos atendiendo a la gotera trapeando el piso, o sea, estamos yendo a atender las consecuencias de las malas prácticas y no estamos yendo a las causas de las causas. Entonces siempre hay que ir al origen de los problemas y creo que estamos lejos todavía de alcanzar esto. Una visión hacia una sola salud, en donde tiene que confluir los intereses de salvaguardar los ecosistemas, a los animales, a los humanos, nos obliga a pensar en un equilibrio basado en este anhelo aún no concretado de atender las causas de las causas.

**Sí, totalmente de acuerdo Dr., la verdad es que me pongo a pensar en la manera como seguimos produciendo nuestro alimento, pero es mucho más grave que eso la manera como estamos descuidando el medio ambiente, queriendo mantener la salud de nuestra especie. Y esto claramente no es sostenible, ¿no? Claramente no hemos entendido la importancia de esa integración y yo cuando platico con mis alumnos les digo que a veces seguimos con la visión del Siglo de Oro de la Bacteriología, ya descubrimos que los microorganismos nos enferman, pues ahora hay que eliminarlos, cuando ya hay una buena parte de la humanidad que entendió que no podemos hacer eso y no deberíamos intentarlo, entonces tenemos un largo camino por delante. Pero que bueno que lo estamos comentando, es un buen inicio.**

Su comentario me hace recordar un libro maravilloso que le abre los ojos a quienes tenemos el privilegio de leerlo que es "Cazadores de microbios" Paul De Kruif. Sí, yo lo leí en la secundaria. Lo volví a leer en el bachillerato. Lo volví a leer en microbiología, en veterinaria, ya en la licenciatura. Ahora los alumnos no lo leen.

En ese libro uno se tiene que poner en las mentes de quienes descubrieron el maravilloso mundo de la microbiología y cómo tuvieron que reaccionar para sobrevivir. Sí, bueno, eso ya lo está enseñando. Y ahora todo lo queremos resolver con biología molecular, y genómica. Pero lo esencial, lo básico, las buenas prácticas no se están enseñando. Entonces creo que tenemos que darnos una sacudida y repensar que, para hablar de lo mínimo, de lo puntual, primero hay que atender lo general. Entonces atendamos las buenas prácticas y después veamos las cuestiones puntuales de carácter genómico, molecular y no nos vayamos a lo puntual, olvidando cuestiones tan importantes y trascendentes como la disponibilidad de agua potable, es inadmisibile. Y con quienes llegan a los espacios de difusión, de decisión en los gobiernos que son egresados de las universidades, pues si salen con una visión torcida, no pensemos que nos van a gobernar sin ser gobiernos torcidos. Entonces las universidades tenemos mucho que hacer por abrir los ojos a las nuevas generaciones y enseñarles lo básico y lo trascendente, lo importante y la última moda. Pero no por atender la última moda olvidemos lo fundamental.

**Así es, en este sentido ¿Cuáles considera usted que son las alternativas, aparte de los antibióticos, un poco más apegadas a este concepto de una sola salud? Sabemos que el uso de los antibióticos no se va a detener, son una herramienta necesaria**

**y poderosa pero usándolos de manera racional. Sin embargo hay otras alternativas que también nos pueden ayudar, ¿no?**

Yo insistiría en la higiene, en la disponibilidad de agua potable, en el mantener aislados de riesgos a las poblaciones animales y humanas que queremos proteger, es decir en mantener sanos a los sanos. Y en este sentido, pues lo que hay que hacer es tener una visión de carácter preventivo y no estar esperando a que haya un problema para tratar de resolverlo con antimicrobianos. O peor aún, tener el uso de antimicrobianos, como una herramienta más fácil que hacer el esfuerzo por dotar de agua potable y de higiene a los espacios donde queremos tener animales o personas. Es lamentable ver muchos de los alimentos que consumimos los humanos en la calle, o en espacios no bien cuidados, sí impulsamos las buenas prácticas para la producción, la distribución, el uso y el consumo de alimentos, avanzaremos muchísimo.

**Sí, tiene mucha razón en esto Dr. y la verdad, no me había puesto a pensar ese punto de vista desde el agua que estamos poniendo accesible a todas estas industrias, sobre todo en el área ganadera. Y bueno, en ese quehacer de los médicos veterinarios, las implicaciones que tienen en este concepto de una sola salud. ¿Cuál es su opinión respecto a esta implicación de los médicos**



## **veterinarios? ya tocamos una parte de ese tema, pero específicamente los médicos veterinarios ¿cómo deberían estarse implicando en este concepto de una sola salud?**

Bueno, tengo 60 años de profesor y lo mismo de Médico Veterinario Zootecnista. Fui director de mi Facultad, Director General de Salud Animal, tuve bajo mi cargo la responsabilidad de la producción de vacunas para humanos en la única época donde se producían todas las vacunas y logramos los mayores índices de vacunación. Tuve a mi cargo la producción de la empresa paraestatal que produce vacunas veterinarias. Ha sido miembro directivo y presidente de la Academia Mexicana de Veterinaria. Fui miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Inmunología, fui presidente de la Federación de Asociaciones de Médicos Veterinarios Zootecnistas.

Los veterinarios tenemos mucho más que hacer y lo primero que tenemos que hacer es aprender a trabajar en cooperación con otras profesiones. Si lo que vamos a seguir haciendo es quitarle la oportunidad a los demás de colaborar y cooperar con nosotros, intentando defender, entre comillas, un espacio gremial, un espacio para los médicos veterinarios, vamos a seguir mal. Yo creo que el tema de “una sola salud”, se impulsó por la necesidad, por el entendimiento de que es necesaria esta cooperación y obviamente los veterinarios fuimos los primeros en descubrirlo. Sin embargo, los veterinarios tene-

mos la culpa de que no se esté colaborando y trabajando en una sola salud, tenemos que invitar a trabajar a otras profesiones en una sola salud a los médicos, a los biólogos, a los ecólogos, a los odontólogos, a los microbiólogos, a los químicos, a los ingenieros sanitarios, a los abogados, etc. para que establezcan las normas y las regulaciones que impulsen el trabajo multi y transdisciplinario, multi institucional, porque hay muchas de las legislaciones que son muy protectoras de su entorno sectorial. Y llega un momento en que la legislación tanto de COFEPRIS como de la SENASICA, junto con otros espacios de ambiente o de regulación de consumo para el bienestar, son contradictorias porque no hemos visto del todo. Estamos cada quien en su parcela tratando de resolver los problemas de nuestra parcela y no hemos visto, en forma amplia el entorno, el ecosistema en el que vivimos. Creo que hay mucho que hacer. Los universitarios tenemos la palabra. Las FES tienen la ventaja de que viven en un ambiente más fácil de aplicar en lo multidisciplinario, pero los médicos veterinarios tenemos que hacer mejor nuestra tarea. Pero además tenemos que pedir a otras profesiones que nos ayuden a hacer mejor nuestra tarea. Ya no pensemos en que cada profesión tiene que defender su territorio, no, el territorio es de todos. Lo que nos hace falta es aprender a defenderlo y a protegerlo entre todos. No que algunos compitan sobre los otros para defender algo que es de todos. No es de nadie en particular. Entonces, el hecho de que alguien se sienta dueño de una parcela es un error y por eso hay que impulsar, en forma responsable, el

trabajo interdisciplinario, transdisciplinario, metadisciplinario. Cuando alcancemos esta visión metadisciplinaria, vamos a salir adelante. Pero esto hay que darlo a través de los primeros pasos y se pueden dar en las universidades y las facultades de estudios superiores tienen una ventaja competitiva porque ya están integradas, haciendo más fácil la cooperación.

**Sí, la verdad es que, nosotros que tenemos esa carrera de médico veterinario zootecnista, a veces nos damos cuenta de que impulsamos algunas actividades, sobre todo del área de Ciencias Biológicas, pero parece que estamos interactuando en caminos diferentes. Entonces sí tenemos una tarea de integración importante en nuestras manos.**

Finalmente Dr., existen campañas, incluso en redes sociales y en otros medios de comunicación para implementar medidas que nos ayuden a acercarnos a este concepto de una sola salud de forma individual pero existen también otras comunicaciones y medios que dicen que las medidas individuales que a veces tomamos no hacen un gran cambio. ¿Qué podría usted aconsejarle a nuestros lectores para ir implementando más este concepto de una sola salud en nuestro día a día? ¿Qué es lo que considera medular que las personas que nos lean puedan ir implementando?

La tarea es enorme, pero tenemos que

darnos cuenta de que todos requerimos para nuestro desarrollo, un desarrollo armónico, desarrollo sostenible, desarrollo puntual. Es necesario atender los principios fundamentales de la vida y estos incluyen un entorno amable, saludable de la atmósfera, del agua, de los alimentos, del entorno para nuestro desempeño, nuestro transporte, nuestra convivencia, y esto se logra cuando se aplican racionalmente los principios y los temas de una sola salud. Tenemos que impulsar a la salud humana, también la salud animal y la salud de los ecosistemas, incluyendo por supuesto la salud de todos nuestros alimentos. Esto se dice fácil, pero requiere que cada uno de los participantes de la sociedad se dé cuenta de que, o somos responsables de construir estos espacios amables o cada uno de nosotros, si no se dedica a ninguna de las carreras relacionadas con la salud humana, a la salud animal y la salud ambiental, si son abogados, ingenieros, diseñadores, obreros, campesinos, todos nos beneficiamos de aceptar, de construir y de ayudar a que haya una sola salud. No es un problema de los médicos veterinarios, no es un problema de los médicos, no es un problema de los químicos, es un problema de todos. Y lamentablemente hemos creído y hemos enseñado que los problemas están sectorizados y que la solución de esta problemática sectorial se da dentro de cada sector y no tenemos que ser menos disciplinarios y más transversales en el pensamiento. Hoy, lamentablemente, muchas de las carreras universitarias en un intento por la especialización, por la superespecialización, dejamos de lado y olvidamos que la problemática se resuelve a través de

una cooperación y colaboración y no a través de las competencias entre unos y otros, que actualmente estamos dejando que prevalezcan e impulsando. Creo que hay que enseñar desde las universidades, desde las escuelas elementales, secundarias y bachillerato, la importancia de la cooperación entre unos y otros y no la importancia de la competencia, sino más bien del trabajo en equipo.

**La verdad es que es un trabajo titánico, pero si no empezamos a poner manos a la obra, cada uno, desde su espacio, desde su público, desde su trinchera, pues los avances se van a ver cada vez más retrasados. Con esta pregunta cerramos nuestra entrevista del día de hoy. Le agradezco enormemente su tiempo, su siempre buena disposición, un saludo y hasta pronto Dr. Juan Garza.**

Link a la entrevista completa:

**<https://drive.google.com/file/d/1g-qVcqGPgl568Gg5NYdybAbHuuMy8gsNj/view?usp=sharing>**

–

**Dr. Juan Garza Ramos.** Destacado Médico Veterinario Zootecnista egresado de la Máxima Casa de Estudios UNAM, quien se ha enfocado a la inmunología, vacunas, salud pública, salud, bioética y desarrollo sustentable como áreas de investigación. Tiene una con Maestría en Inmunogenética por la

Universidad de Guelph, Ontario, Canadá. Cuenta con una larga trayectoria como catedrático en la UNAM, fue director y secretario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Fue director de PRONABIVE en 1990 y director general de Salud Animal de la SAGARPA. En organismos internacionales fungió como director del Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social y secretario de la Conferencia Interamericana de Seguridad Social. En la Secretaría de Salud se desempeñó como gerente general de Biológicos y Reactivos (actualmente BIRMEX), director del Programa de Zoonosis y encargado de la Comisión Nacional de Bioética, entre otros cargos. Es Profesor Titular 'C' definitivo de tiempo completo, e imparte las siguientes asignaturas: Seminario de Bioética, Inmunología veterinaria, para la licenciatura. Mientras que el área de posgrado es catedrático de Inmunología Comparada, Ciencias de la Producción y Salud y Animal y Ciencias Médicas Odontológicas y de la Salud, área de Humanidades en Salud.





# Salud en la antigua Mesoamérica

Alma Elisa Delgado Coellar

## Resumen

El pensamiento prehispánico en Mesoamérica se construyó con la visión de los opuestos, es decir, en una dualidad entre la vida-muerte, tiempo-espacio, femenino-masculino y también la dicotomía entre salud y enfermedad.

Los vestigios esqueléticos y arqueológicos han permitido realizar estudios y conocer una gran variedad de padecimientos en los antiguos pobladores de Mesoamérica, por ejemplo, el padecimiento de enfermedades degenerativas como osteoartritis, osteoporosis y osteofitosis, además de otros padecimientos congénitos o provocados por traumatismos.

## Acercamiento a la concepción de la salud y la enfermedad

Las culturas prehispánicas plasmaron a través de esculturas y pinturas diferentes padecimientos, tanto en barro, piedra, papel, telas, pintura mural, códices y alfarería, dejando testimonios de las enfermedades que los aquejaban, como parálisis faciales, malformaciones, etc. Según Ortiz de Montellano (2005):

La etiología<sup>[1]</sup> mesoamericana, la enfermedad era provocada por una gran diversidad de agentes. [...] Los dioses

podían castigar a la gente causando epidemias. Tezcatlipoca era el principal propagador de enfermedades entre los aztecas. La diosa de la Luna, según el Códice de Dresde, se asocia al glifo *k'och* ("pecado" o "castigo"): era ella quien traía a la Tierra las epidemias. Las deidades que forman el complejo de "dioses del agua", como Tláloc, mataban a ciertas personas para que los **teyolía**<sup>[2]</sup> se convirtieran en sus mensajeros y ayudantes. Este destino era señalado por la forma de morir: ahogarse, ser tocado por un rayo, morir de algún mal asociado con el agua, como la hidropesía. Los remedios contra las enfermedades infringidas por los dioses eran la confesión, la ofrenda a las deidades correspondientes o la expiación.

De esta forma se asociaba a la enfermedad a la divinidad y, por tanto, la curación implicaba, generalmente, procesos chamánicos, confiriendo una fuerza poderosa a los estados anímicos para el equilibrio entre la salud y la enfermedad.

Muchos arqueólogos e historiadores como Carlos Viesca señalan la complejidad que implica apuntalar las principales enfermedades de los pueblos mesoamericanos, porque, a diferencia de las enfermedades concebidas en la actualidad, los padecimientos se relacionaban con seres sobrenaturales que las causaban y esto no provocaba un padecimiento específico, sino problemas totalmente diferentes entre sí, dependiendo del organismo y del estado mental de la persona a la que acaecía el malestar. Por ejemplo: "la aparición de un fantasma provocará susto, *temauhtiliztli*, pero éste se hará evi-



dente de diferentes maneras, aunque siempre con el común denominador de pérdida o debilitamiento del **tonalli**<sup>[3]</sup>. De tal modo, un 'asustado' se puede volver loco si el corazón le da un vuelco y no regresa a su posición anterior, se puede morir si el **tonalli** no regresa a su cuerpo, pero siempre tendrá una tendencia a que sus fuerzas y sus funciones se vean mermadas, al quedar disminuida esta fuente de energía vital" (Viesca, 2005).

Aunque el promedio de vida de los pobladores en Mesoamérica era de 37 años, se encuentran datos que hablan de las altas tasas de mortalidad infantil, cercana al 30 % antes de llegar a los 4 años, así como la muerte y enfermedades relacionadas con el parto. Uno de los principales males que aquejaban a los pobladores, eran los traumatismos ocasionados por las guerras entre los pueblos, que ocasionaban fracturas de todo tipo, provocando falta de movilidad en las personas y malformaciones al pegar los huesos que no llegaron a ser corregidos inmediato al traumatismo.

Algunos estudios realizados en esqueletos de personas ancianas de Tlatilco, ubicado en la Cuenca de México, correspondiente al periodo entre 1300 y 1000 a.C. y caracterizado por la conformación de pequeñas aldeas sedentarias con poca densidad demográfica y con modos de producción sustentados en la agricultura del maíz, calabaza, frijol, así como la caza y recolección, apuntan que: "enfermedades ligadas a la edad, como los cánceres, no se encontraron" (Mansilla, Pi-

joan y Salas, 2005, p. 147) en poblaciones mesoamericanas del periodo preclásico. Otros datos que resultan muy relevantes son, por ejemplo:

La descalcificación, que se presenta en una proporción menor al 20 % en la muestra de Tlatilco, lo cual puede hablar de un mayor consumo y/o aprovechamiento de calcio, así como de una actividad física cotidiana que, junto con la vitamina D, permite la fijación del calcio por medio de una exposición de gran parte de la piel a los rayos solares durante la mayor parte del año (Mansilla, Pijoan y Salas, 2005, p. 147).

En este estudio, se comparó un grupo de esqueletos de Tlatilco con una muestra poblacional de San Jerónimo durante la época virreinal y se encontró, en este último, un 60 % de deterioro en el organismo por descalcificación y otros padecimientos. Este tipo de investigaciones ha ayudado a constatar la importancia de la dieta prehispánica y su alto valor nutrimental, rico en vegetales, frutas, fibras, algas y proteínas, carne de mamíferos pequeños, insectos, pescado y miel de abeja, gracias a la cual, el mantenimiento de la salud en los pueblos mesoamericanos es altamente contrastado con las dietas basadas en harina de trigo refinada, azúcares, grasas animales en abundancia, carnes secas y sal, que tenía la población virreinal.

Hoy, como los antiguos pueblos mesoamericanos, sabemos que una correcta alimentación, es la base de la salud, así como



la actividad física y el estado de la mente, ya que permiten tener una mejor calidad de vida y evitar padecimientos crónico-degenerativos.

## Notas:

- [1] La etiología es la ciencia centrada en el estudio de la causalidad de la enfermedad.
- [2] El *teyolía*, según Olson Richard (2010) en *Technology and Science in Ancient Civilizations* era, dentro de la cosmovisión de los antiguos mexicanos, la entidad anímica del ser humano que residía físicamente en el corazón. Junto con el *tonalli* y el *ihíyotl* era una de las tres fuerzas que daban vida y salud al hombre. Era la parte del ser humano que, al morir trascendía a la vida ultraterrena con un destino diferente dependiendo de la forma de su muerte.
- [3] Según Alfredo López Austin en *Cuerpo humano e ideología. Las concepciones de los antiguos nahuas* (2012) las concepciones del alma entre los antiguos nahuas, eran tres: el *tonalli*, el *teyolia* y el *ihiyotl*. Éstas son llamadas por el historiador "entidades anímicas", figuradas como concentraciones mayores de fuerzas anímicas, fluidos vitales que se distribuían por todo el organismo, pero que se concentraban en la cabeza, el corazón y el hígado, respectivamente. El funcionamiento armónico de las tres entidades daba por resultado "un individuo sano, equilibrado mentalmente y de recta moral. Las perturbaciones de una de ellas, en cambio [...] [afectaban] a las otras dos". Según Jaime Echevarría (2014), el *tonalli* refería al calor solar, al signo del día y al destino de la persona asignado por el día del nacimiento, entre otros aspectos.

Era una fuerza que daba vigor, calor, valor, y que permitía el crecimiento. Dotaba al hombre de un temperamento particular, de manera que afectaba su conducta futura. Debido a estas funciones, su falta provocaba una grave enfermedad y conducía a la muerte.

## Referencias

- Austin, A. (2012). *Cuerpo humano e ideología. Las concepciones de los antiguos nahuas*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- Echevarría, J. (2014). *Tonalli, naturaleza fría y personalidad temerosa: el susto entre los nahuas del siglo XVI*. *Revista Estudios de cultura náhuatl*. Vol. 48, julio-diciembre, México. Consultado en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0071-16752014000200005#notas](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-16752014000200005#notas)
- Mansilla Lory, J., Pijoan Aguadé, C.M. y Salas Cuesta, M.E. (2005). *Huellas de enfermedades en esqueletos de personas ancianas: comparación entre dos muestras con cultura diferente*. *Revista Cuiculco*, vol. 12, Núm. 34, mayo-agosto, pp.133-151. Escuela Nacional de Antropología e Historia. Consultado en: <https://www.re-dalyc.org/pdf/351/35103407.pdf>
- Matos Moctezuma, E. (2005). *Testimonios de las enfermedades en el México Antiguo*. *Arqueología Mexicana*, julio-agosto, Vol. XIII, Número 74.
- Ortiz de Montellano, B. (2005). *Medicina y salud en Mesoamérica*. *Arqueología Mexicana*, julio-agosto, Vol. XIII, Número 74.
- Viesca, C. (2005). *Las enfermedades en Mesoamérica*. *Arqueología Mexicana*, julio-agosto, Vol. XIII, Número 74.

## Sobre la autora

Alma Elisa Delgado Coellar. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM [delgadoelisa@cuautitlan.unam.mx](mailto:delgadoelisa@cuautitlan.unam.mx)

# Cuando el planeta marca el compás: los ritmos circadianos y tu salud

María Fernanda Revueltas Guillen



## Resumen

Los ritmos circadianos son ciclos biológicos de aproximadamente 24 horas que regulan procesos fisiológicos y metabólicos en organismos vivos, desde plantas hasta humanos. Estos ritmos están sincronizados principalmente por la luz, aunque también influyen factores como la temperatura, la actividad física y la alimentación. En mamíferos, el núcleo supraquiasmático del hipotálamo actúa como el reloj maestro que coordina al resto del cuerpo. Hormonas como la melatonina y el cortisol regulan el ciclo sueño/vigilia. La desincronización circadiana, común en la vida moderna por hábitos como la exposición nocturna a pantallas o comidas fuera de horario, puede tener efectos negativos sobre la salud, incluyendo obesidad, síndrome metabólico e incluso cáncer. Para mantener un ritmo saludable, se recomienda evitar la luz artificial por la noche, tener horarios regulares para dormir, comer y ejercitarse, y exponerse a la luz natural. Cuidar nuestros ritmos internos mejora la calidad de vida y previene enfermedades.

## Introducción

Escuchando una canción de los “Ángeles Azules”, cualquiera podría pensar que el ritmo que sigue nuestro planeta, con todos los seres vivos que lo habitamos tendría que ser la cumbia. Sin embargo, en realidad los ritmos a los que estamos sujetos están más relacionados a los ciclos de rotación y traslación de la Tierra alrededor del Sol.

Para estos ritmos no importa si tienes dos pies izquierdos o un mal oído para seguir el compás de la música, lo más importante será que los componentes fisiológicos y metabólicos de tu cuerpo se entrelazan con las señales del ambiente, en ese baile sincrónico conocido como “ritmos circadianos”. Como su nombre lo indica, estos fenómenos de sincronización del medio interno con el externo tienen en su mayoría una duración de 24 horas (“circa”: cerca, “diano”: día), debido a la presión de selección evolutiva que tiene el día y la noche (ciclo de sueño/vigilia y luz/oscuridad) en la gran mayoría de organismos.

La función de estos ritmos biológicos, más que ser el centro de atención en la pista de baile, es lograr que las funciones fisiológicas y metabólicas se coordinen con señales constantes y cíclicas del ambiente externo. Este fenómeno ayuda a nuestro cuerpo a predecir ciertos estímulos, como el inicio o fin de la actividad física, la disponibilidad de alimento o los cambios en la temperatura, para que nuestros sistemas funcionen de la manera más eficiente posible. No tiene sentido que nuestro páncreas esté trabajando en las mismas condiciones durante el tiempo de vigilia —en el cual, comúnmente estamos ingiriendo alimentos— que, durante el tiempo de reposo, en el que, a menos que tengamos una condición de sonambulismo, todos nuestros alimentos deberían ser ensoñaciones intangibles (Aguilar-Roblero et al., 2015).

## Todos sabemos bailar

Estos ritmos biológicos están presentes en un gran número de organismos, de los cinco reinos en los que se clasifican los seres vivos. Un ejemplo muy claro y cercano lo tenemos en las plantas, ya que igual que los mamíferos, su señal de sincronización principal es la luz. Por lo que sí son lo suficientemente observadores podrán notar en muchas de sus plantas de interiores, un fenómeno denominado nictinastia, que es el movimiento que tienen las hojas y los pétalos en respuesta a la oscuridad. En otras palabras, la nictinastia es cuando las plantas se “achicopalan” en la noche con el fin de ahorrar energía o como protección.

Dependiendo las características anatómicas, fisiológicas, ecológicas y etológicas particulares de cada grupo, serán más o menos importantes ciertas señales ambientales. No tienen la misma importancia para la supervivencia las señales de cambios en la temperatura para las aves, organismos endotermos (que generan y controlan su propia temperatura), que, para los reptiles, organismos ectotermos (que no generan ni controlan su propia temperatura). De ahí que, los organismos presentan un conjunto de órganos, procesos moleculares, fisiológicos y metabólicos distintos, que forman un “sistema circadiano” dependiendo de su historia de vida particular.

## ¿Dónde están estos ritmos?

No obstante, a lo impalpable que es el componente corporal de “tener un buen son”, en los mamíferos, existe una estructura anatómica que se encarga de sincronizar el sistema circadiano con el medio externo y entre sí mismo. Este oscilador maestro se encuentra ubicado en una pequeña región del hipotálamo en el cerebro, llamada núcleo supraquiasmático (NSQ) y como su nombre lo indica, está justo sobre el quiasma óptico, lo que le permite obtener de primera mano la información lumínica del ambiente.

Este núcleo cerebral utiliza señales como, la duración e intensidad de la luz, para interpretar si está amaneciendo o anocheciendo y si es verano o es invierno. Detectando estos estímulos, en conjunto con otras señales como la temperatura o la ingesta de alimento, el NSQ desencadena una cascada de señales neurohormonales a distintos órganos que van a provocar respuestas cíclicas y sincronizadas de diversos procesos vitales. Ejemplo de estas hormonas de liberación circadiana son la melatonina y el cortisol, moléculas que participan en el control y regulación del ciclo sueño/vigilia (Hardeland et al., 2012). La melatonina es conocida como “la hormona del sueño”, se produce durante la fase oscura, teniendo su pico de liberación durante la noche, por la glándula pineal en el cerebro. Esta hormona actúa como una canción de cuna, enviándole a nuestro cuerpo



que estamos iniciando la fase de reposo, que busquemos resguardo y descansemos para poder recargar energías para el siguiente día.

De forma contraria, el cortisol es conocido como “la hormona del estrés” y es vital para poder comenzar el día, ya que es la señal interna que le dice a nuestro cuerpo que es hora de despertar. Inicia su producción en las glándulas suprarrenales durante las primeras horas de luz matutina y disminuye conforme transcurre el día. Esta hormona actúa como una canción de ska, donde si no te activas y pones atención a tu alrededor, muy probablemente quedarás dentro de un “slam” del que te costará trabajo salir sin uno que otro codazo.

El equilibrio en la producción y liberación de estas dos hormonas opuestas controladas por la luz es vital para mantener el ciclo de sueño/vigilia. Así como no es recomendable despertar con una canción de cuna si queremos llegar a tiempo a la escuela o dormir con “La dosis perfecta” de Panteón Rococó si queremos entrar en un sueño profundo, la melatonina y el cortisol deben actuar en nuestro cuerpo en momentos específicos para su buen funcionamiento. Así como al bailar no solo participa nuestro cerebro — sino que este da las instrucciones a nuestras piernas, brazos, cadera, hombros, manos y pies para que se coordinen (o por lo menos lo intenten) con la música que esté sonando—, de igual forma, en los ritmos circadianos el NSQ no está solo en su ardua labor de coordinar todo un sistema, ni la luz es el único sincronizador externo (Morgado et al., 2014).

Dada la importancia que tienen estos procesos para los organismos, existen varias señales externas capaces de sincronizar el sistema circadiano, denominadas zeitgebers, o “dadores de tiempo”, entre las que destacan: la actividad física, la temperatura y la ingesta de alimento, para los mamíferos.

De igual forma, a pesar de que el NSQ actúa como oscilador central, otros órganos funcionan también como osciladores periféricos, incluyendo el hígado, el páncreas, el intestino o el estómago. Esto ayuda a que las señales internas que usa nuestro cuerpo sean más robustas y así todo el sistema funcione como una orquesta muy bien ensayada.

## ¿Qué pasa si esta orquesta se desafina?

Actualmente, las sociedades humanas modernas se ven en la necesidad de extender o modificar los períodos de actividad, dependiendo de las demandas laborales, sociales o del ocio enajenado. Esto nos lleva a tener horarios de actividad, sueño e ingesta de alimentos que no se ajusten a los ciclos naturales del ambiente, por decir lo menos. Estos factores de manera crónica pueden desencadenar una “desincronización circadiana”, que no es otra cosa que un desajuste entre los estímulos externos del ambiente y las respuestas internas de nuestro cuerpo, lo que puede ocasionar que esa estricta orquesta suene más bien como una banda de guerra de secundaria a las 5 de la tarde.

Esto debe generar un foco de atención por parte de la salud pública, ya que tener una desincronización de los ritmos circadianos genera más complicaciones que el hecho de pisar un par de veces a tu pareja de baile. Diversos estudios han demostrado que este desajuste entre los estímulos externos —como la luz, los alimentos o la actividad física— y las respuestas internas está vinculado con condiciones perjudiciales para la salud, como aumentos de la presión arterial, cambios en la liberación de hormonas que regulan la ingesta de alimentos, aumento en el peso corporal, síndrome metabólico e incluso la propensión al desarrollo de distintos tipos de cáncer (Golombek et al., 2013; Miranda-Anaya et al., 2019).

## ¿Cómo podemos mejorar nuestro ritmo?

Sin embargo, no todo está perdido. Así como suceden casos milagrosos, como con ese primo con el que nadie quería bailar, que después de un mes yendo a clases de salsa sorprende a todos en la cena del cumpleaños de la abuela con un excelente ritmo, también existen estrategias para mitigar estos nocivos efectos de la vida moderna capitalista que pueden proteger nuestro reloj circadiano de un mal uso. Advierto al lector que, a pesar de que las siguientes recomendaciones suenen a la clásica cantaleta por parte de nuestros adultos responsables, existe evidencia científica que las respaldan.

Lo principal, que seguramente hará muy feliz a los seres con los que compartamos habitación, es evitar lo más posible la luz durante la noche (a partir del atardecer, de manera utópica), principalmente la luz azul, que podemos encontrar en todas las pantallas de aparatos electrónicos. Esto no solo ayudará a tener una mejor higiene de sueño, si no que le ayudará a nuestro cuerpo a llevar a cabo todos los procesos que debe hacer en la fase oscura sin interrupciones. Y si, antes de que lo preguntes, quizás te quedaste de baja estatura por no dormir bien, ya que la hormona del crecimiento se libera en el torrente sanguíneo durante la fase de reposo (Chang et al., 2015).

La siguiente recomendación es intentar comer de manera constante en horas adecuadas y con proporciones que correspondan a las actividades dependiendo el horario, esto es, intenta no comer antes de dormir 10 tacos dorados en aceite para evitar el reflujo gástrico y la mala absorción de nutrientes (Gabel et al., 2018). Por último, intenta plantear rutinas de ejercicio y exponerse a luz natural el mayor tiempo posible de manera regular. Estas acciones ayudarán a que los estímulos externos puedan sincronizar de mejor manera nuestro medio interno y tener así un sistema circadiano saludable.

Sé que aun cuando de manera teórica llevar a cabo estas recomendaciones suene sencillo, en la práctica de la vida cotidiana todo se vuelve más complicado. Pero creo

que vale la pena con el fin de tener una mejor calidad de vida a corto y largo plazo, el modificar algunos hábitos y ser críticos con las exigencias laborales o sociales en las que nos involucramos. Yo por mi parte, le prometo al lector que haré todo lo posible porque este sea el último artículo que escribo a altas horas de la madrugada.

## Referencias

- Aguilar-Roblero, R. (2015). Introduction to Circadian Rhythms, Clocks, and Its Genes. In: Aguilar-Roblero, R., Díaz-Muñoz, M., Fanjul-Moles, M. (eds) Mechanisms of Circadian Systems in Animals and Their Clinical Relevance. Springer, Cham. pp 1-14. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08945-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08945-4_1)
- Chang A. M, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. (2015), "Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness". *Proc Natl Acad Sci USA*. 112: 1232-1237.
- Gabel, K., Hoddy, K. K., Haggerty, N., Song, J., Kroeger, C. M., Trepanowski, J. F., Panda, S., & Varady, K. A. (2018). Effects of 8-hour time restricted feeding on body weight and metabolic disease risk factors in obese adults: A pilot study. *Nutrition and healthy aging*, 4(4), 345–353. <https://doi.org/10.3233/NHA-170036>
- Golombek, D. A., Casiraghi, L. P., Agostino, P. V., Paladino, N., Duhart, JM, Plano, S. A., Chiesa, J. J. (2013). The times they're a-changing: Effects of circadian desynchronization on physiology and disease. *Revista de fisiología-París*, 107 (4), 310–322. doi: 10.1016 /j.jphysparis.2013.03.007
- Hardeland, R., Madrid, J. A., Tan, D. X., Reiter, R. J. (2012). Melatonin, the circadian multioscillator system and health: The need for detailed analyses of peripheral melatonin signaling. *J. Pineal Res.* 52, 139–166 doi: 10.1111/j.1600-079X.2011.00934.x.
- Miranda-Anaya, M., Pérez-Mendoza, M., Juárez-Tapia, C. R., & Carmona-Castro, A. (2019). The volcano mouse *Neotomodon alstoni* of central Mexico, a biological model in the study of breeding, obesity and circadian rhythms. *General and Comparative Endocrinology*. doi:10.1016/j.ygcen.2018.04.024
- Morgado, E., Juárez-Portilla, C., Silverman, A.-J., & Silver, R. (2014). Relevance of Network Organization in SCN Clock Function. *Mechanisms of Circadian Systems in Animals and Their Clinical Relevance*, 149–175. doi:10.1007/978-3-319-08945-4\_9

## Sobre la autora

**María Fernanda Revueltas Guillen**, bióloga egresada de la UAQ con maestría en Neurobiología de la UNAM. Se enfoca principalmente en la fisiología y la conducta de los ritmos biológicos en modelos no tradicionales de desincronización circadiana. Email: [frevueltas@hotmail.com](mailto:frevueltas@hotmail.com)



# Herbolaria y Colorín: crónica del árbol de la salud y de la suerte en México

Alejandro Torres-Montúfar



## Resumen

La etnobotánica estudia la relación entre las personas y las plantas, integrando conocimientos de botánica, cultura, antropología y ecología. En México, con su diversidad biológica y cultural, esta disciplina tiene gran relevancia. Un ejemplo es el Colorín o Tzompantle (*Erythrina americana*), árbol caducifolio ampliamente usado en medicina tradicional, rituales y como ornamento urbano. Desde la época prehispánica, se les han atribuido propiedades analgésicas y sedantes gracias a alcaloides como la *Eritrina*. Además, sus semillas rojas se usan en rituales de adivinación y protección contra males espirituales como el “mal de ojo”. En mercados tradicionales, como el de Sonora, aún se comercializan con fines curativos y simbólicos. El uso del Colorín refleja una cosmovisión donde lo natural y lo espiritual se entrelazan. Preservar este conocimiento tradicional es clave para conservar la identidad cultural y la biodiversidad mexicana. Así, la etnobotánica no solo estudia plantas, sino el vínculo profundo entre cultura, salud y naturaleza.

## Introducción

La etnobotánica es una disciplina científica que estudia la relación entre las poblaciones humanas y las plantas, integrando conocimientos de botánica, cultura, antropología, historia y ecología. Examina cómo

las sociedades utilizan, perciben y gestionan las plantas en aspectos como medicina, alimentación, rituales, cosmovisiones, artesanías y construcción, entre muchos otros. En México, la diversidad geográfica y cultural ha generado un vasto conocimiento sobre el uso de plantas, especialmente entre sus más de 60 grupos indígenas. La convergencia de estas riquezas biológicas y culturales convierte a México en un terreno fértil para la investigación etnobotánica (Cruz-Pérez et al., 2021). Sin embargo, este patrimonio enfrenta amenazas como la modernización, la pérdida de biodiversidad y la erosión del conocimiento tradicional.

Un ejemplo destacado en la etnobotánica mexicana es el Colorín (Figura 1) o Tzompantle (*Erythrina americana*), una especie de la familia Fabaceae o Leguminosae, la misma familia que los frijoles, las habas y las lentejas. El colorín resalta por usos medicinales, alimenticios, rituales y artesanales. Es un árbol caducifolio (término botánico que describe a los árboles y plantas que pierden sus hojas anualmente, generalmente durante el otoño o invierno) ampliamente distribuido como ornamental en el arbolado urbano en la zona centro de México, alcanza 4 a 9 m de altura destacando por sus flores de rojo vivo y semillas también de rojo brillante (Figura 1). La temporada de floración es a finales del invierno y principios de la primavera, antes de que emerjan las hojas.



**Figura 1.** Flores del Colorín (izquierda) y frutos con las características semillas rojas (derecha). (Imágenes tomadas por el autor).

## Sanando el cuerpo: usos medicinales

Entre todos los usos del Colorín, destaca el medicinal. México tiene una rica tradición en el uso de plantas medicinales, que se remonta a la época precolombina y continúa vigente en la actualidad (Cruz-Pérez et al., 2021). Las referencias publicadas sobre el Colorín comienzan con los cronistas españoles, por ejemplo, Francisco Hernández, catalogó cientos de plantas mexicanas, describiendo sus características botánicas, hábitats y, lo más importante, sus usos en la medicina indígena en su trabajo titulado *Historia de las Plantas de Nueva España* (Hernández, 1959). En este texto, reconoció

el profundo conocimiento de las plantas medicinales que poseían los curanderos indígenas y documentó diligentemente sus usos tradicionales y métodos de preparación. Respecto al “Tzonpantli”, se menciona que “el jugo exprimido y colocado en la boca de los niños induce el sueño”.

Varios siglos después, Maximino Martínez, destacado botánico y etnobotánico mexicano, en su obra fundamental: *Las Plantas Medicinales de México*, publicada en 1939, documentó el uso medicinal de *Erythrina americana* como antídoto, antiinflamatorio y narcótico, además de destacar sus efectos paralizantes (Martínez, 1939). Actualmente, en algunos mercados mexicanos es posible comprar las semillas con fines medicinales; por ejemplo, en el Mercado de Sonora, la



mayor fuente de adquisición de plantas medicinales en México (García-González et al., 2024), las semillas se ofrecen para tratar el dolor. Recientemente, otros usos reportados en la literatura incluyen propiedades laxantes, diuréticas, expectorantes, antiasmáticas, antimaláricas y anti-dermatitis (Hastings, 1990).

El potencial terapéutico de las especies de *Erythrina* se atribuye en gran medida a su diversa composición fitoquímica donde destacan dos sustancias alcaloides: *Eritrinina* y *Eritratidina*, la primera es reconocida por sus efectos analgésicos ya que interactúa con los receptores opioides en el sistema nervioso central, reduciendo así la percepción del dolor, mientras que la segunda actúa como un depresor del sistema nervioso central, promoviendo la relajación y la inducción del sueño (Fischer et al., 2017).

## Sanando el alma y atrayendo la suerte: usos rituales y ceremoniales

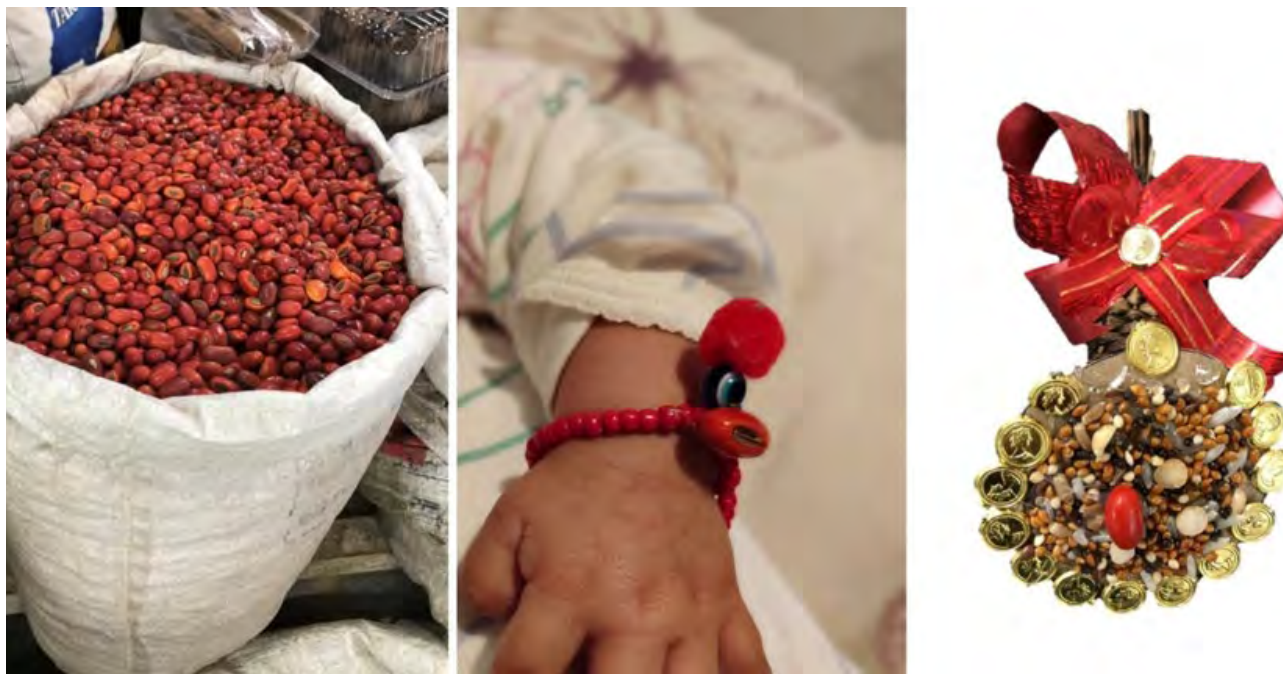
Un uso particularmente importante del Colorín cae bajo la categoría de aplicaciones rituales, místicas o ceremoniales y remarca la cosmovisión y creencias mexicanas. Sus semillas y flores se utilizan en diversos contextos ceremoniales. Sus semillas se emplean en adivinación, particularmente en un ritual llamado “lectura de granos”, actividad documentada en los aztecas y mayas, y en numerosas poblaciones indígenas desde la época prehispánica hasta la actualidad, por

ejemplo, entre los mayas, los adivinos Ixpiyacoc e Ixmucané del Popol Vuh practicaban la adivinación con las semillas tóxicas de Colorín (Pérez-Martín et al., 2022).

Hoy en día, los rituales adivinatorios aún persisten en la región maya. Según Piedrasanta-Herrera (2015), entre los *Chuj*, un grupo maya de Guatemala y México, el *Aj Chum* es el adivino que utiliza los frijoles rojos de *Tzité* o Colorín para predecir el futuro. Él puede leer o interpretar el futuro basándose en la disposición de los frijoles y su conteo manual después de lanzarlos en sucesivas tiradas, durante las cuales se determina y refina el resultado de la predicción. Se dice que estas semillas revelan lo que las personas están pensando y que los muertos también hablan a través de ellas. Otro ejemplo del uso ritual e importancia del Colorín se menciona en Simojovel, Chiapas, según Durán-Ruiz y Arismendi-Ruiz (2017), algunas mujeres de esta área se convierten en madrinas de “Doña Pito” como se conoce a los árboles de Colorín en esa región. Si un familiar cae enfermo, visitan a la madrina “Doña Pito” para pedir ayuda para el enfermo o para solicitar favores y mejorar su suerte. En algunas ocasiones, llevan ofrendas de comida para asegurar su benevolencia.

Sin duda el mayor uso místico de esta planta es como talismán, en particular el frijol rojo del Colorín, se cree que llevar estas semillas simboliza fortuna y protección. Un ejemplo extendido en la Ciudad de México son los amuletos conocidos como “cuernos de la abundancia”, que se cree atraen buena suerte, salud y éxito económico. Estos amuletos consisten en un cuerno del cual emer-

gen semillas como arroz o chícharos, simbolizando salud y vigor. También incluyen monedas para atraer dinero y, en el centro, una semilla de Colorín, considerada un amuleto de buena suerte (Figura 2).



**Figura 2.** Venta de semillas de Colorín en la sección de plantas medicinales del Mercado de Sonora, Ciudad de México (izquierda). Bebé con una pulsera protectora del mal de ojo (centro). Cuerno de la abundancia (derecha). (Imágenes tomadas por el autor).

Otra de las funciones místicas de la semilla del Colorín es la protección contra ciertas enfermedades. En América Latina, existen dos formas de entender las enfermedades: la material y la espiritual, los sanadores tradicionales mexicanos, chamanes, hierberos o curanderos, ven la salud y la enfermedad como elementos que comprenden tanto lo natural como lo sobrenatural. Las enfermedades naturales comúnmente se tratan con remedios herbales y también pueden involucrar a profesionales médicos actuales. Sin embargo, las enfermedades “sobrenaturales” no pueden abordarse con prácticas médicas convencionales y requieren la intervención de un sanador tradicional (Trotter, 2001).

En México existen muchas afecciones de categoría sobrenatural o mística, como el susto (*Momauhti*), el robo del alma, el mal aire (*Yeyecatl*) y el mal de ojo, que implican una amplia gama de males psíquicos y somáticos resultantes de un “daño” causado por otras personas, intencionalmente o no (García-González et al., 2024).

Por ejemplo, el mal de ojo se atribuye al poder de ciertas personas, cuya energía es mayor que la de sus víctimas. El daño se inflige principalmente a través de la mirada, pero también puede ser causado por pensamientos negativos, contacto físico y el aliento de personas más fuertes (Baer et al., 2006). Una persona puede no ser consciente de que posee la capacidad

de causar el mal de ojo y a menudo daña sin intención, sin experimentar sentimientos negativos hacia sus víctimas. Los síntomas del mal de ojo incluyen dolores, fiebre, dolor de cabeza e inquietud; en el caso de los infantes, se caracteriza por llanto incontrolable (García-González et al., 2024). Es aquí donde, las semillas de Colorín, de un rojo brillante, son un elemento común para combatir el mal de ojo en México, especialmente en bebés y niños pequeños. Algunos padres colocan una pulsera roja adornada con semillas de Colorín en su hijo para desviar toda la atención hacia la pulsera (por ser llamativa) y así evitar la atención en el niño y prevenir el mal de ojo.

Con todo esto, preservar el legado etnobotánico de México es crucial para mantener la identidad cultural y la biodiversidad. Los esfuerzos para documentar y revitalizar el conocimiento tradicional pueden ayudar a asegurar su transmisión a futuras generaciones. Y así como aquí se trató el Colorín y su fuerte arraigo con la cultura mexicana y su salud, existen numerosas especies de plantas que conforman el legado tradicional de México y que indudablemente son reflejo de la apropiación cultural y el uso que le dan las diferentes sociedades a las plantas del entorno.

## Referencias

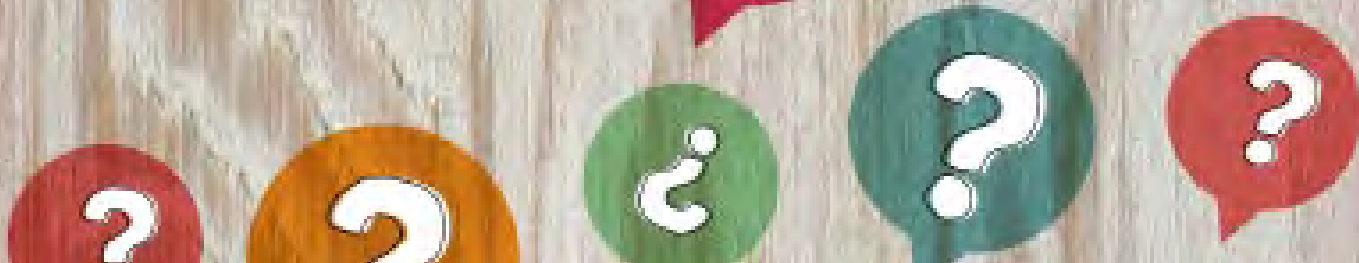
- Baer, R.D., Weller, S.C., Faraco, J.C.G. y Martín, J.F. (2006). Las enfermedades populares en la cultura española actual: un estudio comparado sobre el mal de ojo. *Disparidades. Revista de Antropología* 61(1), 139-156. DOI: <https://doi.org/10.3989/rdtp.2006.v61.i1.5>
- Cruz-Pérez, A.L., Barrera-Ramos, J., Bernal, L.B., David, B.A. y Rendon-Aguilar, B.R.A. (2021). Actualized inventory of medicinal plants used in traditional medicine in Oaxaca Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 17(1): 7-14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00431-y>

- Durán-Ruiz, A. y Arismendi-Ruiz, A. (2017). Doña Pito: el árbol comadre. *Revista Tema y Variaciones de Literatura* (49): 81-94. Enlace: <https://temayvariacionesdeliteratura.azc.uam.mx/index.php/rtv/article/view/145>
- Fagetti, A. (2012) Cuando "habla" la semilla: adivinación y curación con enteógenos en la Mixteca oaxaqueña. *Cuicuilco* 19(53): 229-255. Enlace: <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/3948/3828>
- Fischer, L.G., Leitão, R., Etcheverry, S.R., Campos-Buzzi, F.D., Vázquez, A.A. y Heinzen, H.A. (2007). Analgesic properties of extracts and fractions from *Erythrina crista-galli* (Fabaceae) leaves. *Natural Products Research* 21(8), 759-766. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786410601130554>
- García-González, G., Muñoz-Tejada, N. y Torres-Montúfar, A. (2024). Flowers vs. Devils: plants used against witchcraft in the urbanized Sonora Market, Mexico City. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 23(3), 371-381. DOI: <https://doi.org/10.37360/blacpma.24.23.3.25>
- Hastings, R. B. (1990). Medicinal legumes of Mexico: Fabaceae, Papilionoideae. *Economic Botany* 44, 336-348. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03183915>
- Hernández, F. (1959). *Historia Natural de la Nueva España*. Tomo II, Prensa Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Piedrasanta-Herrera, P. 2015. El Aj chum -adivino- entre los chuj. En: *El poder de saber: especialistas rituales de México y Guatemala*. pp. 201-217. In: P. Gallardo Arias & F. Lartigue [eds.]. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas. Ciudad de México, México.
- Trotter, R. T. (2001). Curanderismo: A picture of Mexican-American folk healing. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 7, 129-131. <https://doi.org/10.1089/107555301750164163>

## Sobre el autor

**Dr. Alejandro Torres-Montúfar.** Profesor en la carrera de Ingeniería Agrícola. Biólogo egresado de la Facultad Ciencias de la UNAM. Doctor en Ciencias Biológicas por el Instituto de Biología de la UNAM. Miembro del SNII, nivel 1. Ha publicado 25 artículos científicos en revistas indexadas y numerosos congresos nacionales e internacionales. Su línea de investigación es la taxonomía y sistemática molecular de la familia Rubiaceae, adscrito al Herbario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México. Email: [montufar@comunidad.unam.mx](mailto:montufar@comunidad.unam.mx).

# ¿Qué leo?



## ***Malintzin y el señor Malinche***

Beatriz Agratti Zapata

### **Resumen**

El artículo reflexiona sobre Hernán Cortés y Malintzin como figuras extraordinarias en la Conquista, símbolos aún presentes en la memoria mexicana. Basado en el libro ***Malintzin y el señor Malinche*** de Helena Alberú, se busca rescatar la imagen de Malintzin, más allá del estigma de traidora, como mujer clave en la fundación de la nacionalidad. Su papel como intérprete, traductora y madre del mestizaje marcó el nacimiento del pueblo mexicano. La obra destaca que la historia no solo son hechos, sino también vivencias y símbolos, donde Malintzin representa el inicio de una nueva cultura mestiza, conflictiva pero vigente.





Es difícil aceptar que Hernán Cortés y Malintzin fueron seres extraordinarios. Acabo de encontrar en el libro **"Malintzin y el señor Malinche"** de Helena Alberú De Villava; los argumentos que necesitaba para confirmarlo. Especialmente rescatar la imagen de Malinche, símbolo materno del mestizaje mexicano.

La Conquista fue una experiencia dolorosa e imborrable para el pueblo mexicano. La plaza de Tlatelolco muestra en su placa "el 13 de agosto de 1521 heroicamente defendido por Cuauhtémoc cayó Tlatelolco en poder de Hernán Cortés. No fue triunfo ni derrota, fue el doloroso nacimiento del pueblo mestizo que es el pueblo de hoy." Esa plaza tiene bajo sus ruinas una energía dolorosa que aún se siente y cada tanto renace; la sufrimos en la brutal represión del 68 o en el terremoto del 85 y ojalá allí se entierre para siempre. Una forma de sanar puede ser mirando a quienes participaron desde otra perspectiva.

La autora propone rescatar a Malintzin: "valorar más objetivamente la importancia de esta excepcional mujer, en las difíciles tareas de la Conquista y de la fundación de nuestra nacionalidad", ofreciendo detallada información para analizar época y protagonistas.

Cita a Octavio Paz, en "Los hijos de la Malinche.": "La extraña permanencia de Cortés y de la Malinche en la imaginación y en la sensibilidad de los mexicanos actuales revela que son más que figuras históricas: son símbolos de un conflicto secreto, que aún no hemos resuelto. Al repudiar a la Malinche (...) el mexicano reniega de su origen (...)"

Hernán Cortés, quien, con solo 19 años, se atrevió a cruzar el océano en una frágil embarcación, llegó a Santo Domingo, para acompañar a Diego de Velázquez en la conquista de Cuba. Allí se enteró de los planes para la exploración de las costas tropicales

de México. Salió de las costas cubanas para llegar a Cozumel y su objetivo principal era encontrar a quienes habían naufragado con anterioridad. Uno de ellos era Jerónimo de Aguilar, quien al haber aprendido la lengua maya fue de gran ayuda para el entendimiento con los habitantes de la región. Ambos conocieron a Malinche, y formaron un equipo que, con el conocimiento del náhuatl, maya y español, lograron establecer las bases comunicativas que facilitaron la conquista.

Malintzin, jovencita hija de cacique de Coatzacoalcos Veracruz fue entregada a unos mercaderes aztecas que se dirigían a Tabasco. Éstos la vendieron a un cacique maya, oportunidad para aprender su idioma, que le serviría más adelante en su tarea de intérprete traductora. Cortés la llamó “mi lengua”, la convirtió en su intérprete y su amante, relación tan indispensable que a él lo llamaban “señor Malinche”. Si bien existen quienes la consideran una traidora por allanar a Hernán Cortes el camino entre dos culturas tan diferentes, es importante ubicarse en el momento y en su propia historia.

Los libros de historia ofrecen datos, eventos, pero la historia se desarrolla también en otros planos. Helena Alberú rescata a los participantes, sus vivencias y propósitos. Seres humanos que vivieron momentos complicados, en un extraordinario destino.

“La Malinche estableció el hecho cultural de nuestra civilización multi racial, mezclando el sexo con el lenguaje. Ella fue la madre del hijo del conquistador, primer niño de sangre española e indígena. Y la Malinche parió hablando esta nueva lengua de la rebe-


lión y la esperanza, de la vida y de la muerte” (Carlos Fuentes, “El espejo enterrado”).

Si bien existen quienes la consideran una traidora, es importante ubicarse en el momento y en su propia historia. Hay que reconocer que fue una mujer inteligente, abierta a los cambios de su complicada vida.

### Sobre la autora

**Beatriz Agratti Zapata.** Amante de la lectura, el buen cine y las tradiciones mexicanas fue profesora de enseñanza de inglés y ex-Coordinadora del Centro de idiomas, FESC, UNAM. Actualmente disfruta de leer un buen libro y compartir recomendaciones interesantes. E-mail: [bagratti@hotmail.com](mailto:bagratti@hotmail.com)





# La sátira y el cine mexicano de los setenta

Francisco Raúl Casamadrid Pérez

## Resumen

La sátira, género que combina humor, ironía y crítica social, ha sido una constante en el cine mexicano desde sus orígenes. En la etapa del cine mudo, los hermanos Alva filmaron *El aniversario de la muerte de la suegra de Enhart* (1912), sátira de la vida teatral. Posteriormente, figuras como Cantinflas y Tin Tan consolidaron la complicidad con el público al romper la cuarta pared, mientras que Palillo utilizó el cine y el teatro para denunciar la corrupción y manipulación política. En los setenta, la sátira adopta formas diversas: desde la crítica social ligera de *Los Polivoces* y *La India María*, hasta películas incisivas como *Mecánica Nacional* (1971) y *Tívoli* (1974), que retratan excesos populares, censura y corrupción. Obras como *El año de la peste* (1978) y *Calzonzin Inspector* (1974) llevaron la sátira a terrenos políticos y distópicos,



mostrando su vigencia como herramienta de denuncia y reflexión sobre los problemas estructurales de México.

## La comedia satírica en el cine mudo

Originaria de la antigua Grecia, donde Aristófanes en sus comedias la utilizaba para referirse a la política y la filosofía de su tiempo, la sátira pasó a Roma, y ahí se consolidó como un género literario propio y distintivo de la antigüedad latina con autores como Lucilio, Horacio y Juvenal, quienes llevaron la sátira a su expresión más mordaz y corrosiva.

En el ámbito académico, la sátira se define como el discurso literario, de carácter crítico y burlesco, que utiliza el humor, la ironía, la exageración o la ridiculización con el propósito de denunciar vicios, defectos, comportamientos inmorales o desviados de las instituciones sociales o de los particulares.

La sátira se manifiesta tanto en géneros literarios como en discursos orales, visuales o audiovisuales y, a diferencia del humor por sí mismo, posee una intención moralizante o correctiva, ya que busca revelar y denunciar lo que considera absurdo, hipócrita o corrupto. Etimológicamente, el término "sátira" proviene del latín *satura*, una forma abreviada de *lanx satura*, que significa, literalmente, *plato lleno o mezcla abundante*; y se refería a una especie de ensalada literaria que combi-

naba distintos elementos: verso, prosa, crítica y observación social.

En el cine mexicano, a través de directores visionarios, la sátira no sólo se ha utilizado como entretenimiento sino como una herramienta esencial para el debate público. Durante la etapa del cine mudo, mientras Charlie Chaplin cobraba fama con su personaje de *Charlot* y hechizaba a la sociedad de su tiempo protagonizando sátiras como *Carrera de autos para niños en Venice*, en la ciudad de México los hermanos Alva filmaban *El aniversario de la muerte de la suegra de Enhart*, un cortometraje realizado en 1912. en el cual se satirizaba la vida de los actores de teatro; concretamente, la de los *clowns* y payasos.

La cinta narra las peripecias de un cómico en su carrera contrarreloj para rendir homenaje a su fallecida suegra. Está protagonizada por el *clown* Vicente Enhart, triunfador en el Teatro Lírico. En la trama, la mujer de Enhart le señala que debe visitar la tumba de su madre en el aniversario de su fallecimiento. Tras comprar flores, va al cementerio, pero se emborracha y se queda dormido. La policía llega y lo lleva a la cárcel, hasta que después su socio, el malabarista Antonio Alegría, lo rescata y conduce al teatro cuando la función está a punto de comenzar (Ruiz Ojeda, 2008). La sátira se burla de la vida teatral y de las necesidades y peripecias por las que atraviesan los artistas para poder llevar su arte al público.



## La sátira y sus cómplices: Cantinflas, Tin Tan y Palillo

En México, algunos notables artistas, como *Cantinflas* y *Tin Tan*, lograron establecer con el público espectador una estrecha relación de complicidad, haciéndolos partícipes, mediante innovadores mecanismos, de sus bromas, burlas y desplantes satíricos. En *Aquí está el detalle* (Delgado, 1940), el personaje de *Cantinflas* juega con la confusión de identidades mientras que, en varias ocasiones, se dirige directamente al espectador hablándole frente a la cámara; lo mismo hace en el *El Señor Fotógrafo* (Delgado, 1953); donde utiliza su característico estilo para comunicarse con la audiencia de forma enfática, interactuando con el público que se convierte en su cómplice.

Por su parte, *Tin Tan*, en *El rey del barrio* (Martínez Solares, 1949), interactúa con la audiencia haciendo guiños y comentarios sobre su propia historia: la del solidario estafador muy querido en la vecindad; también en *La marca del zorrillo* (Martínez Solares, 1950), encarnando al Vizconde de Texmelucan, realiza juegos de palabras al tiempo que encara al espectador mirando de frente a la cámara y haciendo, del público, su cómplice. Así rompe la barrera entre la narrativa cinematográfica y la audiencia (rompe la cuarta pared) y satiriza sobre el tema del poder, haciendo burla de sí mismo y del propio producto cinematográfico.

Otro ejemplo de la sátira política es el filme *El brazo fuerte* (Korporaal, 1958). Esta película narra el periplo que el ciudadano

Agileo Barajas recorre desde que es asignado a la Secretaría de Caminos Vecinales, hasta convertirse en mandamás y cacique del pueblo. En las primeras escenas, el Jefe de Oficina le entrega a Agileo, sus instrumentos de trabajo: un tripié, su chamarra, el casco de labores, su teodolito y la cadena: Así, Agileo se convierte, oficialmente, en Cadenero de Segunda.

El desarrollo de la historia avanza cuando Agileo conoce a Nacha, hija de Avelino, el propietario de “*El brazo fuerte*”, la tienda que abastece al pueblo. Filmada en 1958, la cinta resulta pionera del género de la sátira política mexicana. A partir de una confusión Agileo se encumbra políticamente hasta convertirse, primero, en marido de Nacha; luego en dueño del importante establecimiento “*El Brazo fuerte*” y, finalmente, en mandamás y todopoderoso cacique del pueblo (Vázquez, 2024).

La cinta no estuvo exenta del rechazo oficialista. Acusada de subversiva por su presentación de ideas y formas críticas, la cinta fue motivo de censura y cancelación. El régimen del presidente López Mateos, prohibió la exhibición de “*El brazo fuerte*”; el filme tuvo que esperar más de quince años para ser estrenado, pues la cinta permaneció “enlatada” hasta 1974.

Otra sátira política, parodia de *¡Ay Jalisco, no te rajes!* (Rodríguez, 1941), fue *¡Ay Palillo, no te rajes!* (Patiño Gómez, 1948), protagonizada por el Rey de las carpas populares: Jesús Martínez, *Palillo*, quien representa a un músico explotado y enamorado, imbricado en una trama de enredos y corrupción. El ar-

gumento presenta su lucha contra el cacique del pueblo, un experto en falsear el resultado de los comicios y en el turbio arte de manejar mágicamente los votos.

A lo largo de su carrera, Palillo cultivó varias enemistades; su némesis fue Ernesto Uruchurtu, “el Regente de Hierro” de la ciudad de México, quien de forma directa lo mandó al menos seis veces a la cárcel y clausuró el teatro donde trabajaba al menos en diez ocasiones” (Infobae, 2021: 12). Experto en sátiras y parodias Palillo bautizó legendarios sketches con desopilantes títulos: “Adiós guayabera mía”; “Agarren a López, por pillo”; “El retrato de Dorian Buey”, “El maleficio es el PRI” y “Cuna de Robos”, entre otros muchos más.

## Los setentas en el cine mexicano

Una aproximación a la sátira –suave o dulcificada, muy al estilo mexicano de los setenta– correría de la mano de Los Polivoces, el dueto cómico formado por Enrique Cuenca y Eduardo Manzano que protagonizó filmes como *Ahí, madre* (Baledón, 1970); *Hijazo de mi vidaza* (Baledón, 1972) y *Entre pobres y ricachones* (Cortés, 1973). Sobresale en su trabajo cinematográfico la crítica satírica a la institución familiar donde la madre consiente al hijo único (Doña Naborita y Gordolfo Gelatino), o a las condiciones labora-

les, con el empresario abusivo que explota a su trabajador (*El Mostachón* y *el Wash and Wear*).

Otro caso paradigmático fue María Elena Velasco, *La India María*, con el personaje cómico de una mujer mazahua, María Nicolasa Cruz, la indígena ataviada con ropas típicas metida a vendedora de naranjas callejera. Cintas como *Tonta pero no tanto* (Cortés, 1972); *Pobre pero honrada* (Cortés, 1973) y *El miedo no nada en burro* (Cortés, 1976), entre otras, fueron sonados éxitos de taquilla. Guionista en varias de ellas, el personaje de *La India María*, estaba rodeada de caracteres ricos y extravagantes, a quienes satiriza por sus vicios y costumbres, sometida ella a la discriminación social, víctima del machismo y actos de corrupción de la autoridad que la maltrataba por el hecho de ser mujer e indígena.

Otras estrellas de la pantalla chica también incursionaron en el cine durante la década de los setenta, fue el caso de Roberto Gómez Bolaños, *Chespirito*, con *El Chanfle* (Segoviano, 1979), y de María Victoria con *La criada bien criada* (Cortés, 1972). A estos actores y filmes se suman otros, como Xavier López Rodríguez, en *Chabelo y Pepito contra los monstruos* (Estrada, 1973); Gaspar Henaine, *Capulina*, con *El bueno para nada* (Martínez Solares, 1973) y *El Chisme-caliente* (Martínez Solares, 1977), filmes con argumentos intrascendentes, exentos de crítica y adecuados más para la televisión que para la pantalla grande.

## La sátira en el México de los setenta

Hay que destacar filmes como *Mecánica Nacional* y *Tívoli*, de Luis Alcoriza y Alberto Isaac, respectivamente; películas que resaltan por su contenido vivaz, lúdico e inteligente; y sí, claro, por estar llenas de humor satírico; En *Tívoli*, de 1974, el realizador analiza la desaparición del universo de las carpas y el burlesque que cubrieron durante toda una época espacios urbanos llenos de humor, sátira, parodia y crítica irreverente.

En este filme Isaac reflexiona de manera nostálgica y humorística sobre la vida nocturna que finaliza tristemente cuando, coludidos los políticos con promotores inmobiliarios y funcionarios, deciden derribar la estructura del teatro Tívoli, un foro en cuyas funciones llegarán a sumarse hasta cien bailarinas en escena, y el cual ofreció su última presentación el domingo 10 de noviembre de 1963 (Moncada, 2010).

Basada en una historia real y con guión del propio director y de Alfonso Arau –quien, a su vez, actúa en el papel de *El Tiliches*– la película profundiza en la censura, la burocracia y la corrupción como elementos de abuso del poder. *Tívoli* es la expresión de una ciudad que se devora a sí misma para poder seguir existiendo. La película es un homenaje al teatro de variedades, cuya popularidad fue menguando después de los años cincuenta (Lara Chávez, 2010: 1-8).

En *Mecánica nacional*, de 1971, con un guión del propio director del filme, Luis Alco-

riza, un mecánico aficionado al deporte-motor del automovilismo decide asistir con toda su familia y amigos a observar, desde el antiguo camino a Cuernavaca, el desarrollo de la Carrera Panamericana. En medio de la fiesta, los excesos, la algarabía y un gran relajó, Eufemio, el personaje principal (interpretado magistralmente por Manolo Fábregas) encuentra que su esposa lo engaña fajando en una camioneta; su joven hija tiene sexo en un convertible; y, su anciana madre fallece, recargada sobre la llanta de un automóvil estacionado, producto de una severa indigestión. En esta sátira “lo cotidiano en las clases populares y sus excesos fue abordado de manera feroz y divertida” (Aviña, 2021: 4).

Otra sátira que destaca fue *Fin de fiesta* (Walerstein, 1972); su trama gira alrededor de una importante socialité que realiza una fiesta para presentar a su joven novia; pero los invitados encuentran de pronto, en la piscina de la mansión, el cadáver de un hombre desconocido flotando a media alberca. Un grupo de rebeldes motociclistas aparece en escena; toman por asalto la mansión y deciden no retirarse hasta aclarar el crimen y descubrir al asesino. La sátira consiste en el intercambio de papeles entre los acaudalados dueños e invitados a la mansión y los destrampados ciclistas motorizados: los primeros resultan viciosos y corruptos, mientras los rebeldes son todo lo contrario.

En esta cinta resalta también, por su magnífica actuación, de la connotada actriz Sara García, quien desarrolla uno de sus más heterodoxos papeles, alejado totalmente de sus personajes paradigmáticos –casi siempre



de amorosa abuelita o abnegada matriarca. La película fue tabú en su estreno durante enero de 1972, pues para muchos resultó perturbador ver a un personaje icónico del cine nacional, la dulce doña Sara García, transformado en una violenta asesina homófoba (Romero, 2021: 13)

Otro destacado filme, mezcla de sátira con ciencia ficción, fue *El año de la peste* (Cazals, 1978). Ganadora del premio Ariel a Mejor Película, la cinta narra el arribo de una tremenda pandemia que azota la ciudad de México a finales de los años setenta. El carácter distópico del filme no obsta para que su director satirice los vicios del sistema político mexicano cuando las autoridades, ante la ola de padecimientos y muerte que cubre a la ciudad entera, deciden negar la existencia de la mortal pandemia e instruyen a los medios de comunicación bajo su control para que oculten a la población la existencia de la enfermedad y no tomen las medidas sanitarias necesarias para paliar los efectos de la mortal peste.

El tono formal del filme, no exento de sátira y humor negro, nos muestra a valientes personajes (doctores, periodistas e intelectuales) que tratan de advertir a la población, ante la censura y cerrazón de las autoridades gubernamentales, que prefieren soslayar la realidad para no causar pánico ni espantar a los inversionistas del ramo turístico. Inevitablemente, el filme nos remite a la tragedia que sucedería en la realidad cuarenta años después, cuando el 28 de febrero de 2020 la llegada de la epidemia del COVID tomara por sorpresa al debilitado sistema de salud mexicano.

Otra película setentera donde la sátira brilla por cuenta propia es *Calzonzin Inspector* (Arau, 1974), un filme en cuyo guión participan el propio director, junto a Héctor Ortega y Juan de la Cabada, quienes, de la mano del historietista y autor original del argumento, Eduardo del Río, Rius, dan vida al Inspector Calzontzin, el excéntrico personaje que protagoniza la cinta: un indígena purépecha cuya caracterización conlleva la más ácida crítica hacia la sempiterna corrupción del sistema político mexicano y sus acendrados vicios, como son el nepotismo, la censura a la libertad de expresión, la injusticia y la impunidad.

Así, la sátira se alza como una de las herramientas más incisivas y reveladoras del arte, pues funciona como un espejo deformado que no busca el simple reflejo, sino refractar la exageración humorística, la ubicuidad de la ironía y la expresividad del sarcasmo para poner en evidencia los vicios, las costumbres arraigadas, las instituciones caducas, las figuras de poder sobrevaluadas y los problemas endémicos de la sociedad.

## Referencias

- Aviña, R. (2021). "El cine mexicano visto por sí mismo: sátir y autoparodia en los años 40's y 50's". *La Jornada Semanal*. 31 de enero de 2021. Recuperado de: <https://semanal.jornada.com.mx/2021/01/31/el-cine-mexicano-visto-por-si-mismo-satira-y-autoparodia-en-los-anos-402019s-y-502019s-8119.html>
- INFOBAE (2021). "Jesús Martínez, Palillo: a 27 años de la muerte del cómico que desafió al poder con su sátira". *Infobae México*, 11 de noviembre de 2021. Recuperado el 21 de septiembre de

2024 de: <https://www.infobae.com/americamexico/2021/11/11/jesus-martinez-palillo-a-27-anos-de-la-muerte-del-comico-que-desafio-al-poder-con-su-satira/>

Lara Chávez, H. (2010).. "Tívoli: nadie se resiste a la noche". En Corre cámara, 26 de junio de 2010. Recuperado el 11 de junio de 2024 de: <https://correacamara.com/tivoli-1974-nadie-se-resiste-a-la-noche/>

Romero, L.M. (2021).. "Películas LGBT+ hechas en México (Parte I)". Ulises Magazine, agosto 17 de 2021. Recuperado de: <https://ulisex.com/peliculas-lgbt-hechas-en-mexico-parte-i/>

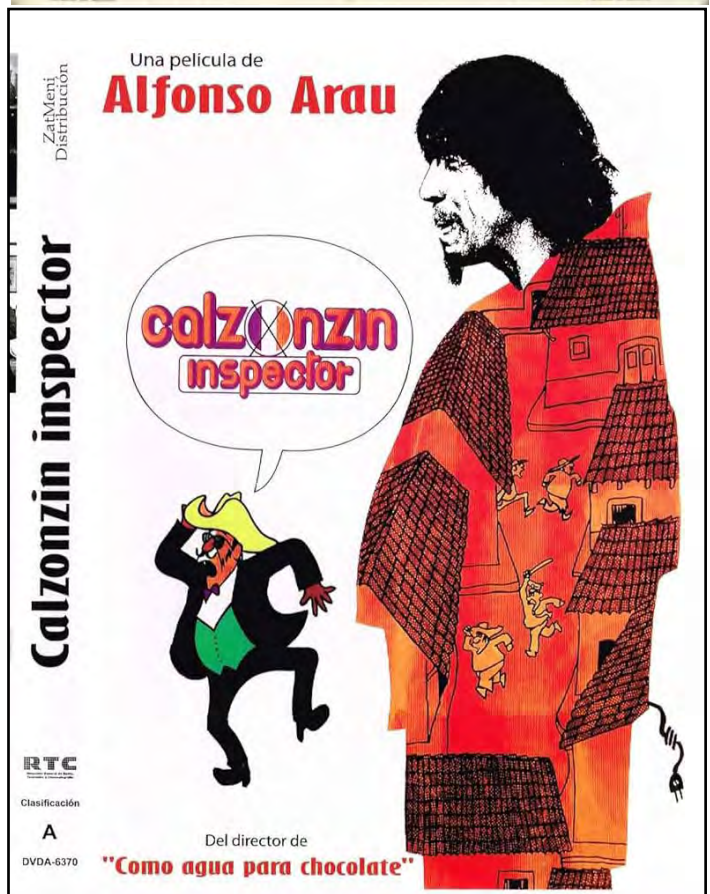
Ruíz Ojeda, T.C. (2008). "Alva y Compañía: origen de una empresa cinematográfica en Michoacán". En Creadores de utopías. Un siglo de arte y cultura en Michoacán, vol II. Morelia: Secretaría de Cultura de Michoacán, pp.13-22.

Vázquez, J. (2024). "El brazo fuerte, de Pitiliditiro a Erongarícuaro". La Voz, 5 de septiembre de 2024, p. 7c.

## Sobre el autor

**Raúl Casamadrid** es editor, poeta, ensayista y narrador. Sus recientes publicaciones son *Creatividad y autenticidad en la investigación académica* (Tirant lo Blanch, 2025); *El relajo en el cine mexicano* (IMCED, 2025) y la edición bilingüe del poemario 2025 (Dark Light-NY, 2025). Es doctor en Arte y Cultura, maestro en Estudios del Discurso y licenciado en Letras Hispánicas; sus líneas de investigación son el análisis literario y la teoría cinematográfica. Forma parte del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores.

E-mail: [raul.casamadrid@hotmail.com](mailto:raul.casamadrid@hotmail.com)





#

¡CiΣntástico!



NO TE  
PIERDAS NINGÚN AVANCE!



@paciencia\_patodos



@paciencia\_patodos



@paciencia\_patodos



PaCiencia Pa'Todos

Únete a nuestra comunidad científica en nuestras redes sociales y sé parte de descubrimientos fascinantes! Síguenos para estar al tanto de las últimas noticias, eventos y contenido exclusivo.

