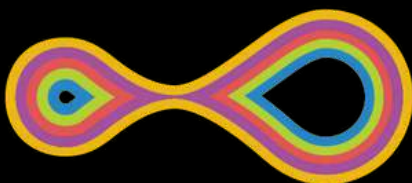


SARAMPIÓN:

Una *amenaza* prevenible que vuelve a crecer

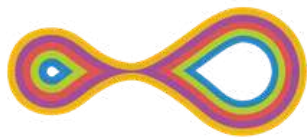


Traslación: *moviendo ciencia*

Braulio Alejandro Ortiz
González
Estudiante de la Licenciatura
en Biología.
Centro Universitario de
Ciencias Biológicas y
Agropecuarias (CUCBA),
Universidad de Guadalajara
braulio.ortiz8801@alumnos.udg.mx
ORCID: 0009-0003-0753-5518

Héctor Raúl Pérez Gómez
Doctor en Ciencias
Director del Instituto de
Patología Infecciosa y
Experimental de la UdeG y
Secretario de Salud del
Gobierno de Jalisco, Centro
Universitaria de Ciencias de
la Salud (CUCS),
Universidad de Guadalajara,
hector.pgomez@academico
s.udg.mx

José Ángel Regla-Nava*
Doctor en Ciencias
Centro de Investigación de
Enfermedades
Infectocontagiosas, Centro
Universitaria de Ciencias de
la Salud (CUCS), Universidad
de Guadalajara
jose.regla@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-5438-1369



Traslación: moviendo ciencia



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
Real Universidad de Jalisco

CUCEI

DIRECTORIO UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Rectora General

Mtra. Karla Alejandrina Planter Pérez

Vicerrector Ejecutivo

Dr. Héctor Raúl Solís Gadea

Vicerrectora Adjunta Administrativa

Mtra. María Guadalupe Cid Escobedo

Vicerrector Adjunto Académico y de Investigación

Mtra. María Guadalupe Cid Escobedo

Secretario General

Mtro. César Antonio Barba Delgadillo

Coordinación General de Investigación, Posgrado y Vinculación

Dra. Ana Marcela Torres Hernández

Coordinación de Transferencia Tecnológica y del Conocimiento

Lic. Ramón Willman Zamora

Rector CUCEI

Dr. Marco Antonio Pérez Cisneros

Secretaría Administrativa

Mtra. Dulce Angélica Valdivia Chávez

Secretario Académico

Mtro. Eduardo Mendez Palos

Consejo Directivo:

Miembros:

Coordinación de Investigación CUCEI:

Dra. Rocío Ivette López Roa

Dra. Adelaida Sara Minia Zepeda Morales.

Dra. Margarita Cid Hernández

Dr. Humberto Gutiérrez Pulido

Dr. Marco Antonio Pérez Cisneros

Dr. Gilberto Velázquez Juárez

Dra. Erika Fabiola López Villalobos.

Dr. Javier Plácido Arrizón Gaviño (CIATEJ)

Consejo Editorial:

Dirección y Editor en Jefe: Dra.

Adelaida Sara Minia Zepeda Morales.

Dr. Iván David Meza Canales

Dra. Alejandra Meza Ríos

Dr. Javier Plácido Arrizón Gaviño (CIATEJ)

Editores de Sección

Editor de Biología Molecular

Dra. Alejandra Meza Ríos

Editor de Bioquímica

Dra. Sandra Fabiola Velasco Ramírez

Editor de Biotecnología

Dr. Gilberto Velázquez Juárez

Editor de Ciencias Ciberhumanas

Dr. Alejandro Morales Valencia

Editor de Ciencias de los Productos Naturales

Dr. Iván David Meza Canales

Editor de Física

Dr. Federico Velázquez

Editor de Genética

Dra. Adriana Mendizabal Ruíz

Editor de Inmunología

Dr. José Eduardo Gómez Bañuelos (JHU, Estados Unidos)

Editor de Matemáticas

Dr. Edgar Alejandro Arroyo

Editor de Nanotecnología

Dr. Adalberto Zamudio Ojeda

Editor de Toxicología y Farmacología

Dra. María Luisa Muñoz Almaguer

Podcast

Coordinador de Podcast

Dr. Iván David Meza Canales

Productor de Podcast

Mtro. Omar Israel Patiño Hernández

Editor de Podcast

Lic. Óscar Ruvalcaba Jacobo

Revisores del Número

Dr. Luis Alberto Anguiano Sevilla

Dra. Alejandra Meza Ríos

Dr. Luis Alberto Bautista Herrera

Dra. Margarita Cid Hernández

Dra. María Azucena Herrera González

Dr. Diego Alberto Lomeli Rosales

Dra. Adriana Patricia Mendizabal Ruiz

Dr. Iván David Meza Canales

Dra. María Luisa Muñoz Almaguer

Dra. Ana Cristina Ramírez Anguiano.

Dr. César Muñoz Bacasehua

Dr. Iván Balderas León

Dr. Hugo Christian Monroy Ramirez

Dra. Lizet Yadira Rosales Rivera

Dr. Juan Antonio Rivas Loaiza

Dr. Braniff de la Torre Valdovinos

Dr. Edgar José López Naranjo

Dr. Julio César Muro Valdéz

Dr. Julio César Serrano Niño

Mtra. Elizabeth Varela Navarro

Dra. María Esther Macías Rodríguez

Dra. Jessica Badillo Camacho

Dr. Santiago José Guevara Martínez

Dra. Claudia Elena Gonzáles

Sandoval

Dr. Fermín Paul Pacheco Moisés

Equipo de Diseño y Edición

Dra. Margarita Cid Hernández

Dra. Alejandra Meza Ríos

Alexa Michelle Rodríguez Lara

Abril Melchor González

Mariana Isabel Medrano Gutiérrez

Revista de divulgación Científica, “Traslación: moviendo ciencia” Año 2, No. 6, Marzo 2026 - Mayo 2026, es una publicación trimestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través de la Coordinación de Investigación, Secretaría Académica del CUCEI. Domicilio: Blvd. Marcelino García Barragán #1421, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México, Tel: +52 3313785900 ext. 27390, rtraslacion.udg.mx, rtraslacion@cupei.udg.mx, Editor responsable: Adelaida Sara Minia Zepeda Morales. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo 04-2024-102814072600-102, ISSN: en trámite, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de éste número: Coordinación de Investigación, Secretaría Académica del CUCEI. Domicilio: Blvd. Marcelino García Barragán #1421, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México, Tel: +52 33 1378 5900 ext. 27390 México, Margarita Cid Hernández, Alejandra Meza Ríos. Fecha de la última modificación: 31 de Mayo. Tamaño del archivo 39,4 MB. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara

EDITORIAL

En este mundo multicolor en diversos sentidos nos encontramos viviendo rodeados de ciencia, aunque muchas veces no la notemos porque ya es parte de nuestras rutinas. Está en una vacuna aplicada en la infancia, en la lechuga que crece sin suelo que podemos encontrar en un supermercado, en el color intenso de una flor de jamaica, en el aceite que hierve en millones de cocinas y hasta en los metales diminutos que permiten que nuestro cuerpo respire, piense y se defienda. La ciencia no ocurre solamente en laboratorios con batas blancas y equipos sofisticados; ocurre también en los hospitales, en los laboratorios de química, física, en los cultivos, en la cocina, en la raíz de una planta y dentro de cada célula.

Este número abre con un tema relevante en la salud pública y de cara al mundial: el sarampión. Para muchas personas jóvenes, esta enfermedad puede sonar lejana, casi como un problema del pasado. No lo es. El sarampión es una infección viral altamente contagiosa, capaz de transmitirse por el aire y permanecer suspendida en partículas durante horas. Un solo caso puede desencadenar múltiples contagios, sobre todo cuando la cobertura de vacunación disminuye o el miedo por desconocimiento. Sus síntomas iniciales: fiebre, tos, irritación ocular y lesiones en la boca pueden parecer comunes, pero la enfermedad puede complicarse con neumonía, encefalitis, aborto, parto prematuro y una disminución severa de las defensas del organismo. En pleno 2026, hablar de sarampión no es mirar hacia atrás: es reconocer que la prevención sigue siendo una tarea colectiva. La vacunación no es una opinión; es una necesidad siendo una de las herramientas más efectivas que ha construido la salud pública. Las vacunas salvan vidas, aunque a veces tengan el defecto de hacer tan bien su trabajo que nos olvidamos del peligro que evitaron y las vidas que han salvado.



Desde esa primera reflexión, este número nos invita a mirar la ciencia como una forma de protección, pero también como una manera de hacer preguntas incómodas. En la rizosfera, ese universo microscópico que rodea las raíces de las plantas, millones de bacterias, hongos y levaduras colaboran con los cultivos, los ayudan a crecer y los protegen frente al estrés ambiental. Lo que antes parecía simple tierra hoy se entiende como una red viva capaz de transformar la agricultura del futuro y que es parte de nosotros.

La misma mirada crítica aparece al hablar de plásticos biodegradables. Durante años se nos vendieron como una solución limpia, casi impecable. Sin embargo, cuando estos materiales se fragmentan en microplásticos, pueden interactuar con los cultivos y modificar procesos biológicos importantes. El caso del poliácido láctico en lechuga hidropónica nos recuerda que no todo lo “verde” es automáticamente inocuo. La etiqueta ecológica no sustituye a la evidencia científica.

También exploramos la nanotecnología como una frontera prometedora. En medicina, las nanopartículas comienzan a imaginarse como vehículos capaces de llevar tratamientos contra el cáncer de forma más selectiva y menos invasiva. En el ambiente, los extractos vegetales ofrecen rutas más limpias para sintetizar nanomateriales útiles en sensores, filtros o recubrimientos antibacterianos.

La innovación, a veces, no nace de inventar desde cero, sino de observar mejor lo que ya estaba frente a nosotros: una planta de jardín, una especie del desierto, una molécula vegetal con capacidad reductora.

La alimentación ocupa otro lugar central en nuestra vida. En México y en muchos países tenemos la costumbre de freír con aceites vegetales lo que es naturalmente parte de la vida cotidiana, pero también puede generar compuestos tóxicos como acroleína y acrilamida que resultan tóxicos. En contraste, alimentos como la jamaica contienen antocianinas, pigmentos naturales asociados con actividad antioxidante, antiinflamatoria y posibles beneficios metabólicos. Comer no es solo llenar el estómago; es introducir moléculas que dialogan con nuestro cuerpo, para bien o para mal.

Este número también nos lleva al interior del organismo, donde metales como hierro, zinc, cobre y manganeso participan en funciones esenciales. No están ahí como adornos químicos, sino como piezas activas de enzimas, proteínas y procesos vitales. Respirar, producir energía y defendernos de infecciones depende de una bioquímica silenciosa que rara vez imaginamos.

Finalmente, la investigación biomédica nos recuerda que la ciencia avanza gracias a modelos diversos. Lombrices, moscas, peces cebras, artemias y ajolotes pueden aportar información valiosa para comprender enfermedades, toxicidad y desarrollo biológico. No sustituyen por completo a los modelos mamíferos, pero amplían el mapa experimental y permiten hacer preguntas que antes parecían imposibles o demasiado costosas.

Quizá ese sea el hilo que une todos estos textos: la ciencia como una forma de mirar con más precisión que interactúa entre sí y se encuentra en constante movimiento. Nos enseña que una enfermedad prevenible puede regresar si bajamos la guardia, que una raíz esconde comunidades microscópicas, que un plástico biodegradable también debe evaluarse, que una flor puede contener compuestos bioactivos y que una partícula diminuta puede abrir nuevas rutas terapéuticas. Tal vez la ciencia no tenga siempre respuestas definitivas, pero sí posee algo profundamente valioso: la capacidad de enseñarnos a observar, preguntar y comprender mejor el mundo que habitamos. Y quizás ahí radique su mayor importancia. Porque mientras exista curiosidad, existirán nuevas preguntas; y mientras existan preguntas, la ciencia seguirá viva.



Dra. Adelaida Sara Minia
Zepeda Morales

CONTENIDOS

El resurgimiento del sarampión: alerta sanitaria, virología y estrategias de contención en la era digital _____	6
01. Sarampión: Una amenaza prevenible que vuelve a crecer _____	16
02. La rizosfera, el lugar donde se desarrolla la nueva agricultura _____	20
03. ¿Los plásticos biodegradables son tan inofensivos como creemos? El caso del poli (ácido láctico) en cultivos hidropónicos. _____	24
04. Freír con aceites vegetales: ¿un riesgo para la salud? Enfoque en la acroleína y la acrilamida _____	28
05. Nanotecnología: Diminutos aliados en la gran batalla contra el cáncer _____	23
06. Antocianinas: del alimento al impacto en salud _____	37
07. Metales en el cuerpo: la química oculta que te mantiene vivo _____	43
08. El potencial inexplorado de los modelos no mamíferos en la investigación biomédica _____	49
09. De jardines y desiertos al laboratorio: Plantas que crean nanomateriales _____	53



EL RESURGIMIENTO DEL SARAMPIÓN: ALERTA SANITARIA, VIROLOGÍA Y ESTRATEGIAS DE CONTENCIÓN EN LA ERA DIGITAL



ENTREVISTADORAS:

- Dra. Sara Zepeda Académica e Investigadora, Universidad de Guadalajara
- Dra. Trinidad García Iglesias Moderadora de Honor; Profesora Investigadora Titular C, Especialista en Inmunología en Enfermedades Crónico-Degenerativas; Integrante del Instituto Inicia, Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS), Universidad de Guadalajara

INVITADOS:

- Dr. Héctor Raúl Pérez Gómez: Profesor Investigador Titular de la Universidad de Guadalajara; actual Secretario de Salud Pública; Investigador y Referente Nacional en Infectología y Salud Pública.
- Dr. José Ángel Regla: Investigador del CUCS; Especialista en Virología e Inmunología en Virus Emergentes; con Estancia Posdoctoral en La Jolla, California, Estados Unidos.



En una coproducción especial transmitida a través de Radio C6, el espacio audiovisual de Traslación: moviendo ciencia abrió un debate imprescindible sobre una patología que socialmente se percibía como un asunto superado, pero que ha vuelto a posicionarse como una preocupante alerta sanitaria global y regional: el sarampión.



Bajo la conducción de la Dra. Sara Zepeda y la guía de la moderadora de honor, la Dra. Trinidad García Iglesias, este foro de divulgación para profesores y alumnos se adentró en las causas de su resurgimiento, su complejidad molecular, las estrategias gubernamentales para su contención y el rol que juega la tecnología de vanguardia en la biovigilancia.

El Dr. José Ángel Regla expuso que el virus del sarampión posee raíces históricas sumamente profundas y complejas, estimándose sus orígenes en el siglo sexto antes de Cristo, lo que representa una trayectoria evolutiva de aproximadamente 2500 años. Desde el punto de vista de la virología comparada, el sarampión comparte un ancestro común y una estrecha homología molecular con el virus de la peste bubónica.

El especialista detalló hechos medulares en la cronología científica de la enfermedad:

- Vínculos históricos de erradicación: El virus de la peste bubónica destaca en la historia biológica por ser el único microorganismo erradicado por completo en el sector animal (logrado en el año 1911). Este hecho comparte paralelismo con la viruela humana, la cual fue declarada oficialmente erradicada en 1980.
- El aislamiento de la cepa base (1954): Fue en el año de 1954 cuando los científicos lograron aislar por primera vez el virus del sarampión a partir de un menor de 13 años de edad de apellido Edmonston. Esta muestra originaria se convirtió en la cepa fundamental que se utiliza hasta el día de hoy para la fabricación de los biológicos de vacunación generalizados.
- Evidencias en la paleovirología (1912): Un hito arqueológico-médico relevante ocurrió al analizar una muestra biológica de bronconeumonía perteneciente a una niña fallecida por sarampión en 1912, la cual se conservaba en el Museo de Historia de la Medicina en Berlín. Científicos modernos lograron secuenciar exitosamente su genoma, demostrando de forma contundente la homología de su secuencia con el sarampión moderno y refrendando el ancestro común con la peste bubónica.
- El nacimiento de la vacuna moderna (1963): Basándose en el virus vivo atenuado de la cepa aislada en 1954, en el año de 1963 se aplicó formalmente la primera vacuna estable contra el sarampión.



PODCAST SOBRE EL SARAPIÓN
Doctores: Sara, Trinidad, Héctor y José
13/05/2026

Por su parte, el Dr. Héctor Raúl Pérez Gómez complementó la evolución histórica de la inmunización. Detalló que diez años después del primer biológico, en 1973, se incorporó un antígeno adicional para combatir la rubéola. Posteriormente, durante la década de los 80, la investigación biomédica integró tres virus en un solo producto biológico, dando origen a la vacuna triple viral que se emplea de forma estándar en el entorno clínico contemporáneo.

En la práctica médica regulada por estándares internacionales, el Secretario de Salud precisó que coexisten dos modalidades de aplicación vacunal:

1. Vacuna Triple Viral (Sarampión, Rubéola y Parotiditis - SRP): Diseñada prioritariamente para menores de 10 años de edad. El esquema ideal y óptimo dictamina la aplicación de una primera dosis al cumplir el primer año de vida, seguida de un refuerzo mandatorio a los 18 meses de edad.
2. Vacuna Doble Viral (Sarampión y Rubéola - SR): Utilizada de manera habitual como esquema para personas mayores de 10 años de edad. El Dr. Pérez Gómez aclaró

con énfasis que no existe ningún tipo de contraindicación o problema clínico si se llegase a aplicar la vacuna triple viral en individuos mayores de 10 años.

El Dr. Héctor Raúl Pérez Gómez catalogó el rebrote de sarampión como un preocupante retroceso histórico en las coberturas de inmunización a nivel mundial. Según su análisis epidemiológico, este fenómeno responde de manera directa a dos factores críticos:

Durante el periodo crítico de la pandemia (comprendido desde finales del año 2019 hasta prácticamente los inicios de 2024), la totalidad de los sistemas de salud mundiales enfocaron de forma obsesiva y exclusiva sus esfuerzos en contener al nuevo patógeno. Los laboratorios, presupuestos e infraestructura se destinaron al tratamiento de pacientes graves (de los cuales el 10% requirió cuidados intensivos), al desarrollo de antivirales y a una campaña masiva que alcanzó la aplicación de aproximadamente 40,000 millones de dosis de vacunas anti-COVID en todo el planeta. Esta focalización extrema provocó que los programas de vacunación rutinaria de otras enfermedades infecciosas quedaran en un marcado olvido y abandono, propiciando la caída drástica en la cobertura protectora contra el sarampión.

El segundo factor determinante ha sido la pérdida de confianza de la población hacia la seguridad y eficacia de las vacunas, alentada por mitos infundados nacidos en la era del COVID-19. El Secretario de Salud desmintió categóricamente los rumores más difundidos:

- Mito de la Fase Experimental: Se difundió masivamente que la plataforma de ARN mensajero (mRNA) era experimental y carecía de investigación. El especialista aclaró que esta metodología sumaba ya décadas de riguroso estudio en diversas regiones del mundo, un respaldo científico tan sólido que incluso otorgó el Premio Nobel en 2023 a sus desarrolladores pioneros.





TRASLACIÓN: MOVIENDO CIENCIA

- Teorías Conspirativas Aberrantes: Durante este periodo se propagaron argumentos inverosímiles, tales como la falsa atribución de eventos adversos graves no vinculados al biológico, la idea de que las vacunas formaban parte de un plan de control natal para disminuir la población mundial, el uso de microchips para rastrear y controlar la información de los seres humanos, o supuestas modificaciones intencionadas en la estructura genética del paciente. Toda esta corriente de desinformación derivó directamente en un rechazo vacunal que dejó las puertas abiertas al resurgimiento del sarampión.

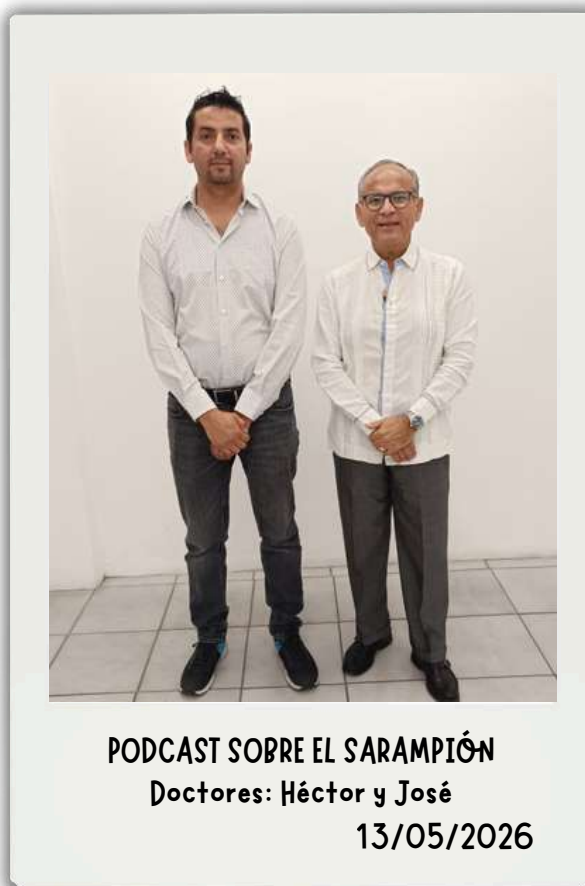
Para mantener una población bajo una protección epidemiológica real y efectiva, el Dr. Pérez Gómez señaló que se requiere que un mínimo del 95% de los habitantes cuente con su esquema completo (dosis inicial y refuerzo). Este porcentaje debe cumplirse estrictamente en todos los grupos etarios hasta por lo menos los 50 años de edad. Pasando el umbral de los 50 años, la gran mayoría de las personas cuenta con una inmunidad natural adquirida, inmunidad por vacunación previa o una combinación de ambas debido al contacto histórico con el patógeno.

No obstante, las cifras compartidas revelan la gravedad de la deuda histórica:

- A finales del año 2024, la estimación de la población en México con un esquema completo contra el sarampión no alcanzaba ni el 50% de cobertura general.
- Si se analiza únicamente el sector de la población infantil de hasta 6 años de edad en dicho periodo, el porcentaje se situaba entre un 64% y un 66%, niveles calificados como críticamente bajos e insuficientes.

El rebrote de la enfermedad ha seguido un comportamiento de oleadas internacionales consecutivas, originándose en países de Oriente, extendiéndose hacia Medio Oriente, Europa, Norteamérica y alcanzando finalmente al resto del continente americano entre los años 2024, 2025 y el actual 2026.

- El contexto nacional: México registró su primer caso documentado en febrero de 2025 en el estado de Oaxaca. La primera explosión masiva de contagios a gran escala ocurrió en el estado de Chihuahua durante el año 2025, alcanzando una cifra aproximada de 4500 casos confirmados.
- La situación crítica de Jalisco en 2026: En lo que va del año 2026, el estado de Jalisco se ha posicionado como la entidad federativa más afectada de la República Mexicana, acumulando cerca de 6,000 casos. Las investigaciones de campo determinaron que el brote en Chihuahua y Jalisco fue propiciado por la alta movilidad de jornaleros agrícolas y trabajadores del campo temporales





provenientes de estados del sur como Oaxaca, Guerrero y Chiapas. En Jalisco, el brote inicial se focalizó en el municipio de Arandas a través de jornaleros procedentes de Guerrero. Ante esto, las autoridades recordaron una premisa fundamental de la epidemiología: "El sarampión busca y encuentra al susceptible, y el susceptible es el no vacunado".

El monitoreo en tiempo real describe de manera exacta el comportamiento de la epidemia en la entidad federativa durante el 2026:

- El Pico Máximo: Se alcanzó formalmente en la semana epidemiológica número 6 (alrededor del 15 de febrero), notificándose la alarmante cifra de 740 casos confirmados en una sola semana.
- El Descenso Gradual: Para el cierre de la semana epidemiológica número 18, gracias al despliegue de las brigadas, el número de contagios semanales cayó drásticamente a solo 86 casos.
- Corte Reciente: En el reporte diario inmediato anterior a la mesa de diálogo, Jalisco confirmó únicamente 15 casos nuevos.



PODCAST SOBRE EL SARAMPIÓN
Doctores: Sara, Trinidad, Héctor y José

13/05/2026

Con base en esta marcada tendencia a la baja, el Secretario de Salud dictaminó que el brote epidemiológico en el estado de Jalisco se encuentra bajo un absoluto y estricto control. Este logro responde a una campaña de vacunación récord a nivel nacional, en la cual se han aplicado 3,250,000 dosis entre 2025 y 2026, logrando elevar la cobertura estatal a un rango actual de entre el 90% y el 92%.

El Dr. José Ángel Regla expuso las razones científicas que convierten al sarampión en el virus humano de transmisión aérea más contagioso y eficiente que conoce la medicina moderna. Todo radica en su Número Básico de Reproducción, técnicamente denominado R_0 . El sarampión cuenta con un R_0 extraordinario de entre 13 y 18. Esto significa que, en una comunidad sin inmunidad, un solo individuo infectado tiene la capacidad biológica de transmitir la enfermedad a un promedio de entre 13 y 18 personas susceptibles. En términos comparativos, posee una capacidad de propagación 8 veces superior a la del COVID-19 y aproximadamente 10 veces mayor que la del virus de la influenza.

Mecánica del Contagio Aéreo por Aerosoles

- Permanencia en el espacio: El virus se propaga mediante aerosoles respiratorios y posee la capacidad de permanecer suspendido de forma activa y viable en el aire hasta por 2 horas consecutivas dentro de espacios cerrados o con nula ventilación.





TRASLACIÓN: MOVIENDO CIENCIA

- Probabilidad de infección: Estudios científicos rigurosos demuestran que si un individuo susceptible ingresa a una habitación cerrada (como una cabina de radio o un salón de clases) hasta 2 horas después de que una persona infectada la abandonó, tiene hasta un 90% de probabilidad matemática de contagiarse.
- Dinámica temporal del contagio: El periodo total de transmisión activa abarca entre 8 y 10 días. Sin embargo, el factor de mayor riesgo estriba en que el paciente comienza a transmitir activamente el virus aproximadamente 4 días antes de que aparezca el exantema (el sarpullido cutáneo) y continúa contagiando hasta unos 6 días posteriores al brote en la piel. Esto significa que las personas propagan la enfermedad de forma silenciosa cuando aún no muestran síntomas evidentes.

Por este motivo, se enfatizó el valor de los esquemas completos: una sola dosis de la vacuna brinda una protección cercana al 90%, pero una segunda dosis eleva la efectividad clínica hasta un 97%, generando una inmunidad de alta estabilidad que dura prácticamente toda la vida.

La mesa de especialistas de la Universidad de Guadalajara alertó que el sarampión no debe minimizarse bajo el mito de ser una simple erupción infantil pasajera. Clínicamente, la enfermedad puede acarrear complicaciones severas y permanentes como neumonía aguda, daños irreversibles en el aparato auditivo y encefalitis (una inflamación grave del tejido cerebral).

El Dr. José Ángel Regla introdujo un concepto científico de gran relevancia: la Amnesia Inmunológica Asociada al Sarampión, documentada inicialmente en una investigación realizada en los Países Bajos en el año 2012.

Este fenómeno biológico consiste en que el virus del sarampión infecta y destruye de manera selectiva a los leucocitos y linfocitos de memoria encargados de resguardar los anticuerpos del paciente. Específicamente, el virus ataca las células que expresan el receptor CD150 (o receptor 150), un hallazgo respaldado por publicaciones científicas del New England Journal of Medicine.

Al eliminar estos linfocitos de memoria, el sistema inmunitario del individuo sufre un "borrado de memoria", olvidando por completo cómo defenderse de otros microorganismos, bacterias y virus a los que ya había estado expuesto o contra los cuales ya había sido vacunado con anterioridad en su vida. Esta preocupante desprotección inmunológica generalizada no se manifiesta de inmediato durante la fase aguda de la erupción, sino que tiende a aparecer de forma tardía, algunos meses posteriores a la exposición y aparente recuperación del sarampión.



PODCAST SOBRE EL SARAMPIÓN

Doctoras Sara y Trinidad

13/05/2026

Para combatir el incremento de casos registrado en el primer trimestre de 2026, la Secretaría de Salud del Estado de Jalisco, en su rol de entidad rectora, desplegó una estrategia operativa integral estructurada en varios frentes:

1. Inmediatamente al ser detectado y confirmado un caso positivo (caso índice), los equipos sanitarios activan un protocolo de contención periférica denominado "bloqueo en anillo". Este cerco consiste en intervenir y vacunar de forma intensiva a todos los habitantes ubicados en un radio de 25 manzanas a la redonda del punto de origen del brote, procediendo simultáneamente al aislamiento inmediato de los núcleos familiares directos.
2. El periodo de aislamiento obligatorio dictaminado para cualquier caso positivo es de un mínimo de 14 días. En las escuelas de educación básica se diseñó un estricto protocolo de activación inmediata:
 - a. Si se confirma un solo caso en un plantel, el grupo escolar completo del alumno contagiado es enviado de inmediato a su hogar bajo la modalidad de clases virtuales.
 - b. Si se llegaron a detectar múltiples casos esparcidos en diferentes grados académicos, se suspenden por completo las actividades presenciales de todo el plantel escolar.

Al corte epidemiológico del reporte, las autoridades informaron que no existe ninguna escuela cerrada en su totalidad dentro del estado de Jalisco, manteniéndose únicamente 11 grupos escolares aislados en modalidad virtual.

Por otra parte, se han intensificado las brigadas de vacunación en guarderías, industrias y centros fabriles enfocándose en la población de entre 25 y 40 años de edad. Los datos revelaron que este grupo de adultos jóvenes en edad productiva representa el 50% de la totalidad de la casuística de casos de sarampión en Jalisco. Sin embargo, el Secretario de Salud aclaró que si se analiza bajo el concepto técnico de incidencia (número de casos por cada 100,000 habitantes), el grupo demográfico más afectado sigue siendo el de niños de 0 a 5 años de edad, debido a la menor densidad poblacional que existe en ese rango específico.

Durante la cresta epidemiológica de la semana 6, el Secretario de Salud asumió la responsabilidad directa de decretar el uso obligatorio del cubrebocas en los niveles de educación básica (primarias y secundarias) dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Esta medida funcionó como una barrera física de contención respiratoria de gran utilidad, protegiendo a la comunidad estudiantil durante la ventana de tiempo en que los niños eran vacunados masivamente; puesto que el sistema inmunitario requiere entre 14 y 21 días posteriores a la inoculación para desarrollar una cantidad total e intensa de anticuerpos neutralizantes de manera eficiente.



PODCAST SOBRE EL SARAMPIÓN

Doctores Héctor y José

13/05/2026





PODCAST SOBRE EL SARAMPIÓN
Doctores Sara, Trinidad, Héctor y José

13/05/2026

La toma de decisiones de las autoridades sanitarias se encuentra centralizada en el denominado Equipo de Respuesta Rápida. Este comité interinstitucional —que sesionaba diariamente en el pico del brote y actualmente lo hace cada semana— opera como un cuartel estratégico que procesa grandes volúmenes de información digitalizada e Inteligencia Artificial Generativa. El sistema es alimentado con variables cruciales como flujos de movilidad de la población, tasas del RO, estados de vacunación e índices de comorbilidades específicas, destacando la desnutrición infantil como un factor que eleva drásticamente la susceptibilidad y la gravedad clínica del sarampión.

A través de estos datos, la Inteligencia Artificial genera mapas de calor actualizados al minuto. De esta forma, si se notifican casos nuevos en una coordenada específica, el sistema alerta visualmente para enviar brigadas de vacunación en "tiros de precisión" quirúrgicos directo a las colonias afectadas. En este esfuerzo unificado participan de forma coordinada el IMSS, el ISSSTE, los Hospitales Civiles de Guadalajara, los Servicios Médicos Municipales de Guadalajara y Zapopan, el OPD de Servicios de Salud y la Universidad de Guadalajara, con

la consigna de no detener las sesiones operativas hasta alcanzar la condición epidemiológica formal de eliminación.

Aunque en la actualidad la medicina no posee ningún fármaco antiviral terapéutico específico aprobado para curar el sarampión en su fase aguda, la era digital está cambiando las reglas del juego. El Dr. Pérez Gómez expuso que la inteligencia artificial aplicada a la salud permite modelar teóricamente epítopes y receptores de células blancas. Esto abre la puerta al diseño hipotético de fármacos moleculares enfocados en bloquear la interacción del virus con el receptor CD150, impidiendo de forma preventiva que los pacientes desarrollen la amnesia inmunológica en el futuro.

Al respecto, el Dr. José Ángel Regla resaltó el uso contemporáneo de herramientas avanzadas como AlphaFold, un software de inteligencia artificial especializado en predecir con exactitud la estructura tridimensional de las proteínas virales. Esta predicción molecular, sumada al modelado en laboratorios, permite diseñar de manera sintética anticuerpos monoclonales específicos, listos para ser producidos a gran escala mediante el uso de biorreactores biotecnológicos.

Ante la inminencia de la Copa Mundial de la FIFA 2026, evento que detonará un incremento masivo en la movilidad humana e internacional de pasajeros, las autoridades enviaron un mensaje de tranquilidad soportado en hechos científicos. Al haber alcanzado una cobertura récord del 92% en Jalisco mediante la aplicación masiva de biológicos, la propia población local inmunizada funge como un escudo biológico de



rebaño. Esta protección en automático resguarda tanto a las familias residentes como a los propios visitantes internacionales que pudiesen arribar al estado portando el virus en un periodo activo de incubación.

El Secretario de Salud enfatizó que la preparación del sistema sanitario estatal de cara al Mundial de Fútbol va mucho más allá de la vigilancia epidemiológica tradicional o del despliegue logístico de ambulancias en puntos estratégicos como el Estadio Guadalajara o las zonas de Fan Festival. El protocolo de seguridad en salud de la FIFA 2026 contempla la capacitación de los profesionales de casi todas las instituciones públicas para prevenir y dar respuesta inmediata ante riesgos extraordinarios de alta complejidad, tales como:

- Posibles ataques biológicos.
- Ataques o contingencias de naturaleza química.
- Emergencias o incidentes de carácter nuclear.

Las autoridades señalaron que estos protocolos extremos se diseñan con base en el análisis de eventos trágicos ocurridos en la historia del deporte internacional, como el atentado del maratón de Boston o los ataques suscitados en Alemania en 1972. El objetivo de transparentar estas rigurosas preparaciones institucionales es dar certeza a la ciudadanía para que disfrute de la justa mundialista con absoluta paz social.

Para concluir la mesa de debate, los investigadores de la Universidad de Guadalajara hicieron un enérgico llamado a la población a erradicar de forma definitiva los mitos urbanos y a recuperar la confianza absoluta en la inmunización, catalogando a las vacunas como el hito más importante y trascendental en la historia de la medicina mundial. Recordaron que la vacunología moderna nació formalmente gracias al médico Edward Jenner, quien aplicó por primera vez un biológico utilizando el virus de la vacuna (un patógeno primo hermano de la viruela, inofensivo para el ser humano pero activo en las vacas) logrando prevenir con éxito la devastadora viruela humana.

Las estadísticas globales y locales expuestas en el foro respaldan esta postura con datos científicos irrefutables:

- A nivel internacional, los esquemas de vacunación salvan la vida de aproximadamente 5 millones de personas cada año.
- Antes de la invención e implementación global de las vacunas específicas contra el sarampión, la enfermedad causaba la alarmante cifra de 2 millones de fallecimientos anuales en todo el mundo.
- Datos crudos del brote reciente: El Dr. José Ángel Regla adelantó que en el estudio científico de la casuística de Jalisco (próximo a publicarse en un artículo indexado), se demuestra de forma contundente que más del 70% de las personas que requirieron hospitalización por complicaciones graves de sarampión no contaban con vacunas o desconocían por completo su estatus vacunal.



PODCAST SOBRE EL SARAPIÓN

Doctores Héctor y José

13/05/2026



TRASLACIÓN: MOVIENDO CIENCIA

- Baja seroprevalencia previa: Un estudio de cobertura nacional publicado recientemente por el IMSS — el cual analizó minuciosamente cerca de 10,000 muestras de suero sanguíneo recolectadas en los 31 estados de la República durante el año 2024— descubrió que la población general presentaba una seroprevalencia inmunológica críticamente baja, de apenas el 78%, lo que explica científicamente la rápida propagación del virus antes de las intervenciones masivas de estos dos últimos años.

Finalmente, los académicos enfatizaron el concepto de corresponsabilidad y el peso moral que recae en los padres de familia y tutores respecto a la salud de los menores. Para concientizar a la audiencia, el Dr. Héctor Raúl Pérez Gómez compartió un caso clínico doloroso plenamente registrado durante el brote en Jalisco: un infante que contrajo sarampión debido a que sus padres decidieron no aplicarle ni una sola vacuna de ningún tipo en toda su vida. Esta omisión vacunal arrastró de igual manera a su hermano gemelo, quien estuvo a punto de fallecer en el hospital bajo las mismas circunstancias de desprotección inmunológica total debido a la falta de vacunación familiar.

"Las vacunas en la actualidad son seguras, son eficaces y salvan millones de vidas; no perdamos la oportunidad de proteger a nuestras niñas, niños y jóvenes", concluyó el Secretario de Salud. Con el agradecimiento final de las doctoras Trinidad García Iglesias y Sara Zepeda a los especialistas, el episodio de Traslación Moviendo Ciencia cerró su emisión, refrendando su compromiso con la democratización del conocimiento de vanguardia y el cuidado de la salud comunitaria.

Fin de la reseña informativa.



01. SARAMPIÓN: UNA AMENAZA PREVENIBLE QUE VUELVE A CRECER.

José Ángel Regla-Nava*
Doctor en Ciencias
Centro de Investigación de Enfermedades
Infectocontagiosas, Centro Universitario de Ciencias
de la Salud (CUCS), Universidad de Guadalajara
jose.regla@academicos.udg.mx,
[52] (33) 1058 5200, Ext. 34192.
ORCID: 0000-0002-5438-1369

Braulio Alejandro Ortiz González
Estudiante de la Licenciatura en
Biología.
Centro Universitario de Ciencias
Biológicas y Agropecuarias (CUCBA),
Universidad de Guadalajara,
braulio.ortiz8801@alumnos.udg.mx
ORCID: 0009-0003-0753-5518

Héctor Raúl Pérez Gómez
Doctor en Ciencias
Director del Instituto de Patología Infecciosa y
Experimental de la UdeG y Secretario de Salud del
Gobierno de Jalisco, Centro Universitario de Ciencias
de la Salud (CUCS), Universidad de Guadalajara
hector.pgomez@academicos.udg.mx
[52] (33) 36245568
ORCID: 0000-0003-2126-119X





RESUMEN

El sarampión es una enfermedad viral aguda de vigilancia obligatoria, provocada por un virus del género Morbillivirus, familia Paramyxoviridae. Este patógeno se propaga fácilmente mediante el contacto directo o por partículas de saliva que flotan en el aire hasta por dos horas. Es sumamente contagioso, un solo enfermo puede infectar hasta 18 personas. Los síntomas suelen manifestarse de 10 a 14 días posteriores a la infección, se presenta con fiebre, tos, inflamación del ojo y los característicos puntos blancos con fondo rojo en el paladar. Posteriormente, brotan manchas rojizas con una distribución que abarca todo el cuerpo. Esta infección puede derivar en complicaciones letales como neumonía o inflamación del cerebro. Además, en mujeres embarazadas, aumenta el riesgo de aborto o parto prematuro. Un factor crítico es que debilita severamente el sistema inmune, lo que reduce las defensas y facilita la aparición de otras infecciones bacterianas. Al 15 Abril de 2026, México cuenta con 15,945 casos confirmados y 36 fallecimientos por sarampión. Dado que no existe un tratamiento antiviral específico, se limita a mantenerse hidratado, monitoreo de temperatura y vitamina A. Por lo tanto, la prevención mediante vacunación es primordial, la vacuna se administra en dos dosis (12 y 18 meses de edad); esta entrena al cuerpo para evitar la enfermedad. A pesar de los mitos antivacunas, esta inmunización es efectiva y segura. Las vacunas salvan vidas.

¿Qué es el sarampión? Entendiendo al enemigo invisible

El sarampión es una enfermedad viral aguda de vigilancia obligatoria, altamente infecciosa, distribuida mundialmente. Las personas son el único hospedero natural conocido, se transmite de persona a persona [1]. El virus del sarampión pertenece a la familia: Paramyxoviridae del género: Morbillivirus. Tiene una forma esférica, y son solo visibles con microscopios especializados y no tradicionales, este está rodeado por una capa de proteínas, la proteína de Matriz (M), Hemaglutinina (H) y de Fusión (F), dando así la característica de virus envuelto (Figura 1) [2].

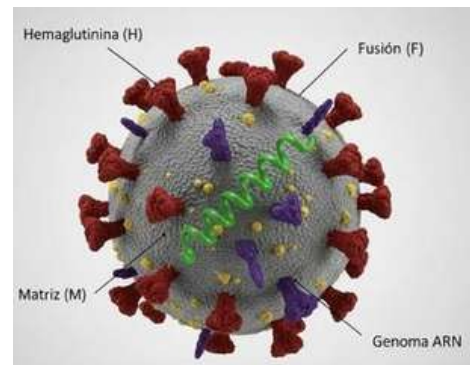
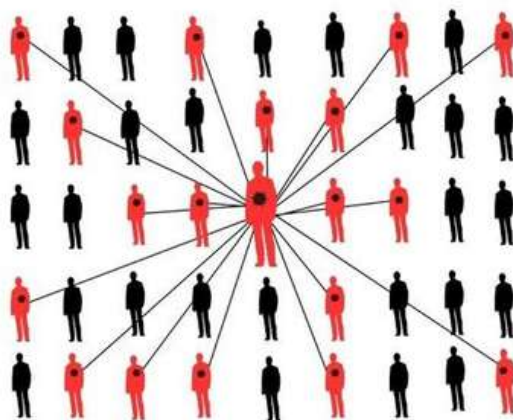


Figura 1: Esquema general del virus del Sarampión. Virus del sarampión mostrando el tipo de genoma viral y sus principales proteínas a partir de un esquema. Imagen generada por Gemini (3 Pro) el 26 de noviembre de 2025.

La transmisión del sarampión, más que un simple estornudo

El sarampión se transmite a través de diversas vías como, pequeñas gotas de saliva y/o moco, así como con el contacto directo con una persona infectada; el virus puede sobrevivir flotando en el aire o sobre objetos (como mesas) hasta por 2 horas, incluso si la persona enferma ya no está ahí [3]. Una sola persona infectada es capaz de infectar de 12 a 18 personas, a esto se le conoce como R_0 (número de reproducción) que es la manera en la que se describen qué tan contagiosas son las enfermedades virales (Figura 2) [3,4]. Siendo los niños menores de 5 años, desnutridos o con bajas defensas los más propensos a contraer el sarampión [4].

Sarampión en México: El avance de un virus que no da tregua.



 Virus del Sarampión $R_0 = 12-18$

Figura 2: Esquema mostrando la alta capacidad de transmisión del virus del Sarampión (R_0). Esquema de red de infección en personas con sarampión de acuerdo al R_0 . Las personas en rojo muestran la infección por el virus del Sarampión que fue transmitida por la persona central, demostrando la facilidad de transmisión de este virus. Los individuos en negro son de igual manera susceptibles a la infección sin embargo, no muestran infección. El R_0 es definido como el número promedio de infecciones transmitidas por un individuo infectado. Imagen generada por Canva el 26 de noviembre de 2025.

El sarampión ha recuperado terreno recientemente, acumulando más de 16,000 casos en la región de las Américas entre 2025 y los primeros meses de 2026. México ha sido uno de los países más afectados en este periodo, registrando un total de 15,945 casos y 36 fallecimientos hasta finales de febrero de 2026. Destacar que la gran mayoría de estos casos y defunciones ocurrieron en personas sin antecedentes de vacunación. El brote mostró una evolución clara, mientras que en 2025 el epicentro fue en Chihuahua con 4,496 casos y con 21 defunciones, al inicio de 2026 marcó un repunte crítico en Jalisco, que alcanzó los 5,448 contagios, con un total de 6,133 contagios de 2025 hasta el 15 de abril del 2026. Afortunadamente, a pesar del alto número de casos en Jalisco, solo se han registrado 5 defunciones en dicho estado [1,5].

Señales de alerta: El rostro de la enfermedad

El virus entra por las vías respiratorias y se propaga por todo el cuerpo [1]. Entre los 10 a 14 días después de contraer la infección, el virus entra en modo de incubación (reposo). Posterior a este lapso es posible presentar síntomas como fiebre leve, moderada o alta, tos constante, resfriado, inflamación del ojo y dolor de garganta al tragar. A los 3 o 4 días posteriores de la fiebre aparecen manchas rojas iniciando por detrás de las orejas y propagándose por todo el cuerpo, dentro de la boca en la zona del paladar aparecen ámpulas blanquecinas.

Entre las complicaciones relacionadas con el sarampión está la encefalitis (inflamación del cerebro), especialmente en algunos casos como en niños con bajas defensas inmunológicas puede llegar evolucionar a una neumonía o inclusive a un fallecimiento [2]. Por otro lado, el sarampión debilita la respuesta inmune haciendo más propenso al hospedero a coinfecciones, por ejemplo, a infecciones por bacterias. Una infección por el virus del sarampión en embarazadas se asocia a complicaciones como, aborto, parto prematuro, bajo peso del neonato al nacer y muerte materna [4].

La vacuna: Tu mejor aliada y barrera definitiva

Debido a personas no vacunadas, grupos antivacunas y personas mal informadas sobre las vacunas, se ha favorecido la reaparición de diversas enfermedades antes controladas por vacunación, como el sarampión [2,4]. La vacuna se aplica en 2 dosis, la primera dosis a los 12 meses de edad y la segunda a los 18 meses de edad. Sin embargo, si se perdió el esquema, puede aplicarse después; pero es vital respetar las fechas recomendadas.

La vacuna contra el sarampión se basa en virus atenuados, que son como soldados especializados desarmados incapaces de producir daño a nuestro cuerpo, pero sí favorece la producción de anticuerpos. Por lo tanto, la vacuna funciona como un manual de entrenamiento para el cuerpo, es decir, en lugar de esperar a que la enfermedad nos tome desprevenidos, la vacuna le enseña al sistema inmune a reconocer el virus y prevenir la enfermedad. Así, si el virus real intenta entrar al cuerpo en el futuro, ya se tiene un ejército preparado y listo para neutralizarlo, evitando que nos enfermemos. Por esto es importante tener un completo esquema de vacunación, esta vacuna no es recomendable aplicarla en mujeres embarazadas [1].

Diagnóstico y cuidados: ¿Qué hacer ante signos de alarma o sospecha?

Aunque el sarampión no tiene un tratamiento, el manejo clínico se basa en aliviar los primeros síntomas, y mantener en vigilancia a la persona infectada para que no genere complicaciones y más contagios, mantenerse hidratado, tener una dieta saludable, monitorear y controlar la temperatura corporal y administrar vitamina A especialmente en niños cada 24 horas [1,2]. El diagnóstico del sarampión se realiza en laboratorios especializados con muestras de sangre y/o exudado faríngeo de pacientes con sospecha de la infección, mediante la identificación del virus [3].

Conclusiones

El sarampión es una enfermedad viral con un alto índice de contagios principalmente en personas no vacunadas, aunque no existe un tratamiento puede llegar a generar complicaciones, que requieran un tratamiento en específico o inclusive la hospitalización. Se recomienda mantener una dieta sana, estar alerta ante cualquier síntoma, evitar el contacto con personas sospechosas o confirmadas de sarampión, permite evitar los brotes esporádicos y seguir manteniendo control sobre esta enfermedad. Frente a la amenaza del sarampión, la vacuna es nuestra herramienta de defensa comunitaria más eficaz. Vacunarte no solo te protege a ti, sino que construye un escudo colectivo. La acción es ahora: Asegúrate de que tú y tu familia estén completamente vacunados y mantengamos al sarampión bajo control definitivo.

Referencias Bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; Sarampión [actualizado el 28 de noviembre de 2025; citado el 16 de abril de 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/measles>
2. García-Carrillo LE, Coria-Lorenzo JJ, Alonso-Pérez NC, Rosales-Urbe RE. Sarampión en México, 2020. Acta Pediatr Méx. 2021;42(3):128-141.
3. Martínez-Medina MÁ, Cano-Rangel MA, Palacios-Castro RA, Canales-Guerrero CJ, Hurtado-Valenzuela JG. Sarampión. Bol Clin Hosp Infant Edo Son. 2021;38(2):102-117.
4. Medeiros EA. Entendiendo el resurgimiento y el control del sarampión en Brasil. Acta Paul Enferm. 2020;33:e-EDT20200001.
5. Secretaría de Salud (SSA), Dirección General de Epidemiología (DGE). Informe diario del brote de sarampión en México. Ciudad de México: SSA/DGE; 2025. [citado el 16 de abril de 2026]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/informe-diario-del-brote-de-sarampion-en-mexico-2025>

02. LA RIZOSFERA, EL LUGAR DONDE SE DESARROLLA LA NUEVA AGRICULTURA

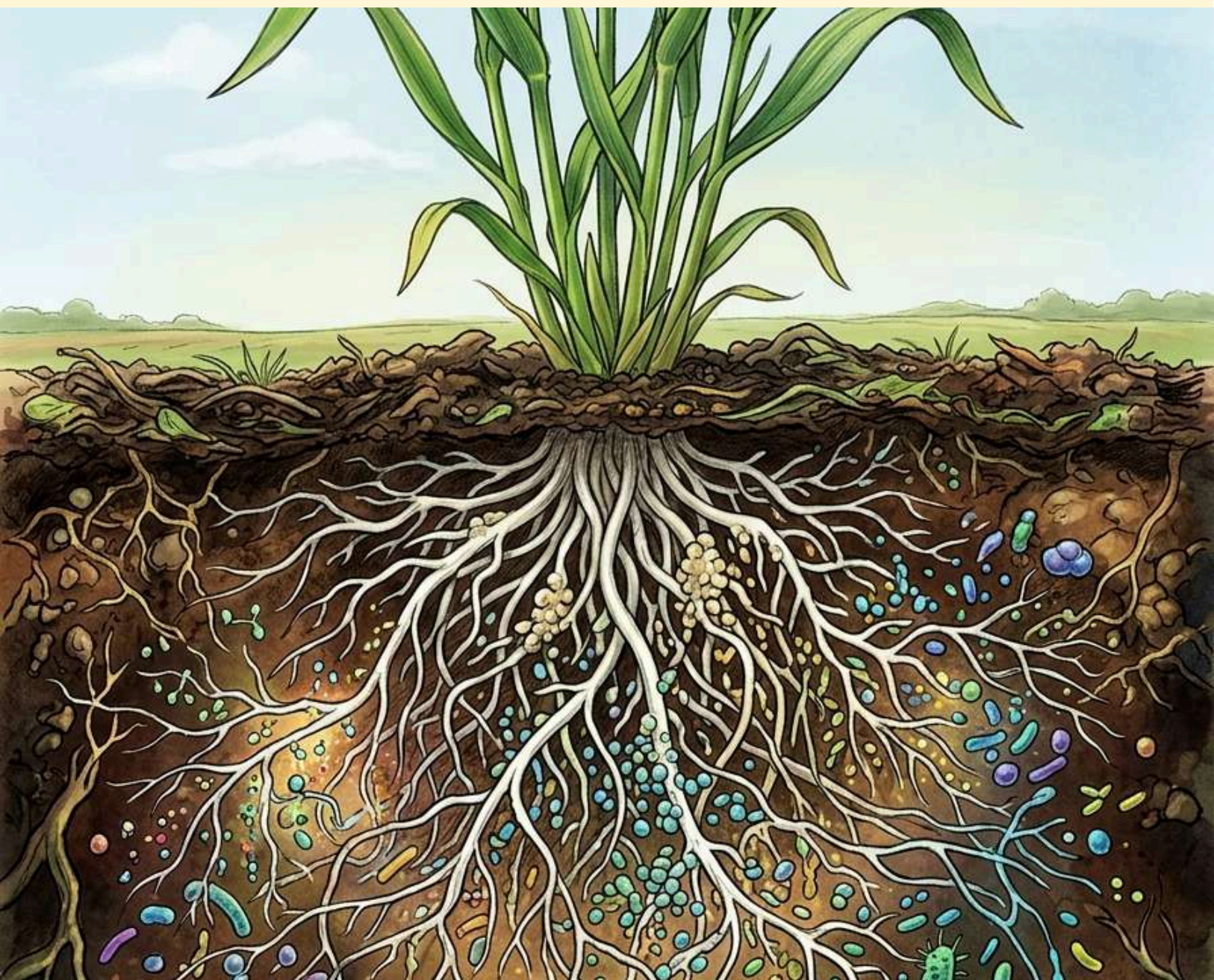
Diana Montserrat Baeza
Magaña
Maestría en Ciencias
Maestría en Innovación
Biotecnológica, CIATEJ
dbaeza_al@ciatej.edu.mx
ORCID: 0009-0003-4238-3695
LinkedIn: Diana Baeza

Karla Verónica
Teymennet Ramírez
Doctora en Ciencias
Post-doctorante,
CIATEJ
kateymennet_pos@ciatej.edu.mx
ORCID: 0000-0003-4594-9407

Ilana Barrera
Martínez
Doctora en Ciencias
Investigadora por
México, CIATEJ
ibarrera@ciatej.mx
ORCID: 0000-0001-5391-6299

Rodrigo Barba
González
Doctor en Ciencias
Investigador,
CIATEJ
rbarba@ciatej.mx
ORCID: 0000-0001-9336-090X

Jorge Verdín*
Doctor en
Ciencias
Investigador,
CIATEJ
jverdín@ciatej.mx
ORCID: 0000-0002-6264-6953



RESUMEN

¿Quién imaginaría que existe un universo microscópico lleno de bacterias, levaduras y hongos que conviven íntimamente con las raíces de las plantas? Los microorganismos que viven unidos a las raíces, en un lugar llamado rizosfera, ayudan a las plantas a crecer, las protegen contra enfermedades y las apoyan frente a condiciones ambientales adversas. A cambio, los microorganismos de la rizosfera son alimentados y estimulados por sustancias liberadas por la raíz. Gracias a este intercambio, los microorganismos de la rizosfera se han convertido en el blanco para desarrollar nuevas herramientas que conduzcan a una agricultura sostenible. Hoy en día se aplican mezclas de microorganismos a los cultivos que refuerzan las funciones naturales de los que ya existen en la rizosfera. Sin embargo, su eficacia suele ser limitada ya que los microorganismos rizosféricos nativos no siempre permiten que otros se integren fácilmente a ellos. En este artículo te contamos algunas estrategias para mejorar la composición y el funcionamiento de los microbiomas rizosféricos con el fin de aumentar la productividad agrícola, desde el uso de microorganismos aislados directamente de la rizosfera hasta el diseño de mezclas microbianas guiado por el concepto del fitobioma. No cabe duda que la ciencia busca aprovechar ese universo microbiano oculto para lograr una agricultura más eficiente y ambientalmente amigable.

Los microorganismos (bacterias, hongos, virus, etc.) están en todas partes. Según el lugar donde se encuentren, pueden realizar funciones muy importantes. Por ejemplo, los intestinos humanos están poblados de microorganismos que influyen en nuestra nutrición, salud y estado de ánimo (1). De manera similar, la rizosfera alberga comunidades microbianas que influyen en el desarrollo, crecimiento y productividad de las plantas (2). Así como se ha hecho para los microbiomas intestinales, también para los microbiomas rizosféricos se pueden desarrollar estrategias que modifiquen su composición y función en beneficio de una agricultura más amigable con el medio ambiente que reduzca el uso de agroquímicos.

¿Qué es la rizosfera?

La rizosfera es la capa de suelo íntimamente asociada a la raíz donde ésta y los microorganismos que la habitan interactúan y se estimulan mutuamente (Figura 1). Allí, las raíces depositan exudados ricos en azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, enzimas, hormonas y otras moléculas que atraen y enriquecen microorganismos de manera muy específica. A cambio, esos microorganismos expanden las capacidades codificadas en el genoma de la planta: potencian su inmunidad, la proveen de sustancias que mejoran su capacidad de adquisición de nutrientes, y le proporcionan los medios para aumentar su tolerancia a la sequía o la salinidad del suelo. La composición de los exudados radiculares puede cambiar según los estímulos ambientales que percibe la planta. En respuesta, la composición de las comunidades microbianas de la rizosfera también se modifica, lo que a su vez influye en las sustancias que producen y que estimulan y protegen a la planta. Esto crea un círculo benéfico que ayuda a la planta a adaptarse al ambiente aprovechando el apoyo que le dan los microorganismos con los que convive.

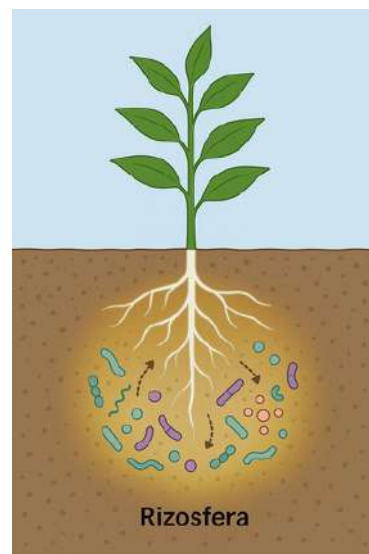


Figura 1. La rizosfera es la zona del suelo donde se hacen sentir los efectos de los exudados que libera la raíz. Éstos son ricos en sustancias que atraen y seleccionan microorganismos (bacterias, hongos, virus, etc.) que le proporcionan servicios a la planta, influyendo en su desarrollo, crecimiento y salud.

¿Y cómo la rizosfera nos puede llevar a una nueva agricultura ambientalmente amigable?



Como las comunidades microbianas de la rizosfera están relacionadas con la salud y productividad de los cultivos, a las raíces de éstos se les pueden aplicar extractos vegetales y de algas, o microorganismos vivos que estimulen las actividades naturales de la rizosfera (bioestimulantes), o que directamente aumenten la disponibilidad de nutrientes para la planta (biofertilizantes). Se aspira a que estos bioinoculantes disminuyan e, idealmente, sustituyan el uso de agroquímicos sin comprometer la productividad necesaria para satisfacer la demanda de alimentos de la aún creciente población humana.

Aunque numerosos bioestimulantes y biofertilizantes ya están disponibles en el mercado, su efectividad aún no es suficiente para sustituir los agroquímicos desarrollados durante la Revolución Verde². La introducción de microorganismos en la rizosfera con características útiles para la agricultura (como los que vuelven accesible el nitrógeno de la atmósfera, los que estimulan el crecimiento, o los que combaten patógenos), es un reto mayor debido a la resistencia que los microorganismos rizosféricos nativos oponen a su integración, algo semejante a lo que ocurre cuando alguien se quiere integrar a un grupo de amigos ya establecido. Además, las propiedades agronómicas que esos microorganismos exógenos muestran en estudios de laboratorio pueden inhibirse o hasta anularse al ser incorporados e interactuar con la comunidad microbiana de la rizosfera, lo que explicaría la efectividad limitada de los bioestimulantes y biofertilizantes actualmente disponibles (3).

Para resolver los problemas anteriores, los microorganismos benéficos utilizados en bioestimulantes y biofertilizantes se han aislado del mismo suelo, o suelos semejantes, donde se cultiva la planta destino para facilitar su incorporación, adaptación y funcionalidad en la rizosfera. Otra opción interesante es el aislamiento de microorganismos de la rizosfera de plantas cuyo entorno natural ha forzado a la selección de un microbioma con propiedades agronómicamente interesantes, como las de las plantas del desierto (con microorganismos que ayudan a tolerar la sequía) o las que crecen en suelos pobres en nutrientes (con microorganismos que vuelven disponible para la planta el nitrógeno atmosférico o el fósforo del suelo) (4), que posteriormente se pueden incorporar en la formulación de bioestimulantes y biofertilizantes. A pesar de que estos microorganismos estarían en mejores condiciones para incorporarse y ser funcionales en la rizosfera de un cultivo destino, su buen desempeño no está completamente garantizado.



El fitobioma: una nueva manera de ver los sistemas agrícolas

Desarrollar bioestimulantes y biofertilizantes eficientes para desplazar a los agroquímicos requiere que conozcamos y seamos capaces de modificar la compleja red de interacciones que se establecen entre los microorganismos de la rizosfera, y de éstos con la planta. Además de la pareja microbioma rizosférico-planta, también existe el microbioma de la filosfera³ que interactúa con la planta. Todos ellos son influenciados por el clima, el suelo, animales y otras plantas vecinas. Esa compleja red de interacciones recientemente fue englobada dentro del concepto de fitobioma (5). Las interacciones de cada elemento del fitobioma con la planta, así como las que se dan entre ellos, determinan la productividad del cultivo (Figura 2). Estas interacciones se pueden medir y, a partir de esas mediciones, es posible pronosticar el efecto de la modificación de uno de los componentes del sistema en la productividad de un cultivo. Aplicando esta estrategia seríamos capaces de predecir el comportamiento y funcionalidad del microbioma rizosférico cuando se le suprime o agrega un miembro. Con esto, y considerando el contexto edafológico⁴ y climatológico, se podrían diseñar bioestimulantes y biofertilizantes más efectivos que nos conduzcan a una agricultura sostenible.

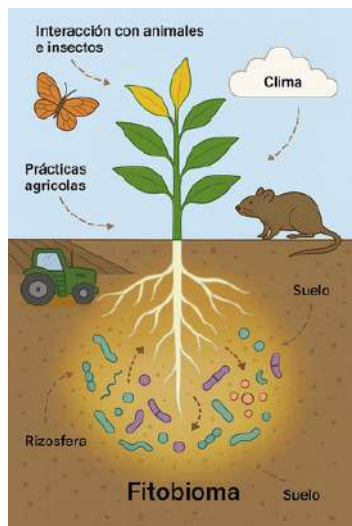


Figura 2. El fitobioma es un concepto recientemente acuñado que considera a los sistemas agrícolas como un todo integral donde el cultivo está en el centro. El cultivo dentro del fitobioma interactúa con el clima y el suelo, con los microorganismos de la rizosfera y de la filosfera, los animales y otras plantas, y con las prácticas agrícolas. Esta compleja red de interacciones es cuantificable y se pueden hacer pronósticos del comportamiento del sistema cuando uno de sus elementos cambia. Este marco conceptual y metodológico hará posible el desarrollo de bioestimulantes y biofertilizantes más eficientes.

Conclusión

La rizosfera es un nicho ecológico complejo donde interaccionan las raíces de las plantas y los microorganismos que la habitan. Las raíces y los microorganismos de la rizosfera se benefician unos a otros; la planta controla la composición y función del microbioma rizosférico a través de sus exudados radicales, mientras que el microbioma rizosférico provee a la planta compuestos que influyen en su desarrollo, crecimiento, salud y productividad. El desarrollo de bioestimulantes y biofertilizantes que modifiquen eficientemente la composición y función de los microbiomas rizosféricos de los cultivos es crucial para generar una nueva agricultura que elimine el uso de agroquímicos que tanto dañan el medio ambiente. El concepto del fitobioma es la estrategia que puede hacer realidad bioestimulantes y biofertilizantes más eficientes.

Agradecimientos

Este trabajo de divulgación fue posible gracias al apoyo del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL) a través del proyecto FODECIJAL 11156-2024.

Referencias Bibliográficas

1. Camacho-Padilla LG, Zepeda-Morales ASM, Varela-Navarro E, López-Roa RI. (2025). El eje intestino-microbiota-cerebro: un vínculo clave en la salud. *Traslación: moviendo ciencia*, 1(4):17-21. <https://doi.org/10.32870/rtmc.v1i4.42>
 2. York LM, Carminati A, Mooney SJ, Ritz K, Bennett MJ. (2016). The holistic rhizosphere: integration zones, processes, and semantics in the soil influenced by roots. *Journal of Experimental Botany*, 67(12): 3629-3643. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw108>
 3. Malusa E, Berg G, Biere A, Bohr A, Canfora L, Jungblut AD, Kepka W, Kienzle J, Kusstatscher P, Masquelier S, Pugliese M, Ratzinger J, Tommasini MG, Vassilev N, Meyling NV, Xu X, Mocali S. (2021). A holistic approach for enhancing the efficacy of soil microbial inoculants in agriculture: from lab to field scale. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 8:176-190. <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2021.08.14>
 4. Baeza-Magaña DM. (2025). Estrategias para mitigar el estrés hídrico: trasplante, enriquecimiento y selección *in vivo* de la microbiota rizosférica de *Opuntia robusta* en *Tagetes patula*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Zapopan, 127 pp.
 5. Ramírez-Pelayo AS, Ramírez-Hernández A, Verdín J (2024). La modulación del fitobioma: cómo hacer florecer el desierto sin ocasionar un desastre ecológico. En: Recursos naturales de las zonas áridas. Diversidad, aprovechamiento, salud y alimentación. Ed. J. Flores-Rivas, M.G. Guzmán-Chávez, A.F. González-Córdova-Trujillo-Silva. COLSAN, IPICYT, CIAD, CIQA, CIBNOR, CIATEJ, 707 pp. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_67ca15ea6c1d8.pdf
- , N. Martínez-Tagüña, O. Mounzer, A. Escobedo-Moratilla, A. Muñiz-Ramírez y J.

1Microbioma, es el conjunto de los microorganismos, incluidos sus genes, funciones y relaciones que establecen entre ellos y con el ambiente, que habitan un lugar definido.

2Revolución Verde, fue el paquete tecnológico que introdujo la mecanización de procesos (tractores, sembradoras, sistemas de irrigación), el uso de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) y nuevas variedades vegetales mejoradas en la agricultura, lo que condujo a un aumento espectacular en la productividad agrícola durante la segunda mitad del siglo XX.

3Filosfera, es el nicho ecológico formado por la superficie de los tallos, hojas y flores de las plantas.

4Edafológico, relativo al suelo y su estudio en relación con las plantas y el medio ambiente.

03. ¿LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES SON TAN INOFENSIVOS COMO CREEMOS? EL CASO DEL POLI (ÁCIDO LÁCTICO) EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS.

Morales Moran Belén Margarita
Estudiante de la Licenciatura
en Química
belen.morales8274@alumnos.udg.mx
ORCID: 0009-0007-6191-5123

Pérez-Fonseca Aida Alejandra
Profesora investigadora del
Departamento de Ingeniería
Química
aida.perez@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0003-2443-3882

Ramírez Anguiano Ana Cristina
Profesora e investigadora del
Departamento de Química
ana.ranguiano@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-3305-3809

Velasco Ramírez Sandra Fabiola*
Profesora e investigadora del
Departamento de Química
sandra.vramirez@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-7054-1465





RESUMEN

El uso de plásticos biodegradables ha sido ampliamente promovido como una alternativa verde frente a la contaminación ambiental. Sin embargo, cuando estos plásticos se fragmentan en microplásticos, sus efectos pueden ser igual o más nocivos que los de plásticos convencionales. En este artículo explicamos, de manera sencilla, cómo un grupo de estudiantes y de investigadoras de la Universidad de Guadalajara estudió los efectos del poli (ácido láctico) (PLA) irradiado en cultivos hidropónicos de lechuga (*Lactuca sativa* L.), un método donde las plantas crecen sólo con agua y nutrientes, sin tierra. Al incorporar estos microplásticos al agua de cultivo, analizamos los cambios en compuestos naturales de las plantas conocidos como metabolitos secundarios, los cuales tienen funciones antioxidantes clave para la salud humana. Los resultados mostraron que las lechugas expuestas a microplásticos irradiados de PLA modificaron sus niveles de compuestos como flavonoides y antocianinas, mientras que los taninos se mantuvieron en niveles similares entre tratamientos. Este tipo de hallazgos nos lleva a cuestionar si todos los plásticos biodegradables son realmente seguros para el ambiente y los alimentos que consumimos. En la vida cotidiana, esto significa que los plásticos que usamos a diario pueden fragmentarse hasta convertirse en partículas diminutas que terminan en los alimentos que llegan a nuestra mesa. Nuestra investigación invita a revisar críticamente el impacto de los materiales llamados “ecológicos” y propone nuevas rutas para evaluar su interacción con los sistemas agrícolas modernos.

Los microplásticos están en todas partes

Probablemente has escuchado hablar de los microplásticos, esas pequeñas partículas que resultan de la degradación de objetos plásticos y que hoy se encuentran en ríos, lagos, suelos y hasta en alimentos de consumo diario (1). Aunque los plásticos biodegradables como el poli(ácido láctico) (PLA) se promocionan como una opción más amigable con el ambiente, quisimos preguntarnos qué ocurre cuando estos materiales también se fragmentan y terminan en nuestros cultivos.

En nuestro grupo de investigación, en el Departamento de Química de CUCEI de la Universidad de Guadalajara, nos propusimos responder esta pregunta. En términos sencillos, queríamos saber si un plástico “biodegradable” podía modificar la forma en que crece una lechuga y los compuestos benéficos que produce.

Los resultados no sólo interesan a la comunidad científica: en la vida cotidiana, los plásticos que usamos a diario pueden fragmentarse hasta convertirse en partículas tan pequeñas que terminan en el agua de riego y, finalmente, en los alimentos que consumimos.



Figura 1. Proceso de degradación plástica: una botella de plástico se fragmenta progresivamente en piezas más pequeñas, hasta convertirse en microplásticos y eventualmente en nanoplasticos. Esta transformación ocurre por la acción de factores físicos, químicos y biológicos en el ambiente, representando un riesgo creciente para los ecosistemas y la salud humana (1).



Un experimento con lechugas y plásticos “biodegradables”

Para estudiar este problema trabajamos con un sistema hidropónico, es decir, un método donde las plantas crecen sin tierra, sólo con agua y nutrientes. Este tipo de cultivo es cada vez más común en la agricultura urbana y en sistemas de producción intensiva de vegetales (2,3).

En este sistema hidropónico añadimos microplásticos de PLA que habían sido expuestos previamente a luz ultravioleta, simulando lo que pasaría con un plástico en condiciones ambientales reales, después de estar al sol durante largos periodos (2,5). Cultivamos lechugas (*Lactuca sativa* L.) durante un mes en presencia y ausencia de estos microplásticos y, al finalizar, analizamos sus compuestos naturales, conocidos como metabolitos secundarios.

¿Por qué importan los metabolitos secundarios?

Los metabolitos secundarios no sólo protegen a las plantas frente al estrés ambiental, también pueden tener beneficios para nuestra salud. Dentro de ellos se encuentran los polifenoles, los flavonoides, los taninos y las antocianinas, que se han relacionado con actividad antioxidante y con posibles efectos protectores frente al daño celular y algunas enfermedades crónicas (3,4).

En términos sencillos, estos compuestos son parte del “botiquín químico” de la planta. Cuando la planta percibe una condición adversa, como un contaminante, un exceso de luz o un cambio brusco en el ambiente, puede producir más de estos metabolitos para defenderse.



Los resultados: así cambiaron las lechugas contaminadas

Al comparar las lechugas cultivadas con y sin microplásticos de PLA irradiado observamos cambios claros en la composición de sus metabolitos secundarios y en su capacidad antioxidante (3,5).

En términos simples, pudimos resumir nuestros hallazgos en tres ideas clave:

- **Las lechugas en contacto con microplásticos cambiaron su composición química.** En particular, se modificaron los niveles de algunos metabolitos secundarios en hojas, raíces y semillas.
- **Algunos compuestos antioxidantes aumentaron, lo que indica que la planta se estresó.** Observamos incrementos en polifenoles totales, flavonas, flavonoles y antocianinas en las lechugas expuestas al PLA, lo que sugiere que activaron mecanismos de defensa frente a la presencia de estos microplásticos.
- **En el caso de los taninos, los niveles se mantuvieron similares entre todos los tratamientos.** Sólo se detectaron ligeras variaciones asociadas al tipo de extracto utilizado para el análisis (por ejemplo, si se usó agua o alcohol), pero no un cambio tan marcado como en otros compuestos.

Además, al evaluar la capacidad antioxidante, es decir, la habilidad que tienen estas sustancias para proteger nuestras células del daño causado por moléculas llamadas radicales libres, encontramos diferencias entre las lechugas expuestas a microplásticos y las lechugas de control. Esto refuerza la idea de que los microplásticos pueden alterar la fisiología de la planta y sus mecanismos de defensa (3–5).

Una reflexión necesaria

Nuestro estudio pone en evidencia que, incluso materiales considerados ecológicos, pueden tener efectos no deseados en sistemas agrícolas sensibles como los cultivos hidropónicos (1,2,5). La radiación solar y el paso del tiempo modifican sus propiedades físicas y químicas, haciéndolos más reactivos y capaces de interactuar con las raíces de las plantas de formas que todavía estamos empezando a entender.

Un experimento con lechugas y plásticos “biodegradables”

En otras palabras, el hecho de que un plástico esté etiquetado como biodegradable no garantiza que, una vez fragmentado en microplásticos, sea inocuo para los cultivos o para las personas. Esto sugiere que incluso los plásticos biodegradables pueden tener efectos no deseados en la agricultura y en la calidad de los alimentos.



Figura 2. Materiales comúnmente etiquetados como ecológicos, como utensilios, envases biodegradables y botellas reutilizables, pueden sufrir transformaciones físicas y químicas bajo condiciones ambientales como la radiación solar. Este estudio muestra que tales cambios pueden provocar interacciones inesperadas en sistemas agrícolas hidropónicos, poniendo en cuestión su inocuidad y su sostenibilidad real (2,5).

La importancia de investigar lo que consumimos



Figura 3. Esquema general del estudio realizado sobre el impacto de microplásticos de poli(ácido láctico) (PLA) irradiado en cultivos hidropónicos de lechuga (*Lactuca sativa* L.). La investigación muestra cómo estos plásticos biodegradables pueden alterar los niveles de metabolitos secundarios con funciones antioxidantes, como polifenoles, flavonoides y antocianinas, entre otros, cuestionando su supuesta inocuidad en sistemas agrícolas modernos (3-5).

Este proyecto, realizado en el Departamento de Química de CUCEI de la Universidad de Guadalajara, se suma a otras investigaciones que analizan cómo los microplásticos alteran las propiedades del suelo, del agua y el crecimiento de distintos cultivos (1-5). En el caso específico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.), nuestros resultados muestran que los microplásticos de PLA irradiado pueden cambiar el perfil de metabolitos secundarios con función antioxidante, lo cual abre nuevas preguntas sobre su impacto en la cadena alimentaria.

La ciencia, además de generar conocimiento, nos ayuda a tomar decisiones mejor informadas. Entender cómo los materiales modernos afectan la calidad de los alimentos que cultivamos es fundamental para proteger la salud humana y la del planeta. Este tipo de estudios permite que ciudadanía, productores y tomadores de decisiones discutan con más elementos cuáles materiales deberían considerarse realmente sostenibles.

Referencias

1. Horton AA, Walton A, Spurgeon DJ, Lahive E, Svendsen C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci Total Environ.* 2017;586:127-141.
2. Sun L, Zhang W, Feng Y, et al. Aged polylactic acid microplastics with ultraviolet irradiation alleviated the toxic effect of Cd on pakchoi (*Brassica chinensis* L.) in hydroponics. *J Environ Chem Eng.* 2024;12(5):113930.
3. Wang Y, Xiang L, Wang F, et al. Transcriptomic and metabolomic changes in lettuce triggered by microplastics-stress. *Environ Pollut.* 2023;320:121081.
4. Jurić S, et al. The enhancement of plant secondary metabolites content in *Lactuca sativa* L. by encapsulated bioactive agents. *Sci Rep.* 2020;10(1):3737.
5. Liu R, Liang J, Yang Y, et al. Effect of polylactic acid microplastics on soil properties, soil microbes and plant growth. *Chemosphere.* 2023;329:138504.



04. FREÍR CON ACEITES VEGETALES: ¿UN RIESGO PARA LA SALUD? ENFOQUE EN LA ACROLEÍNA Y LA ACRILAMIDA

Julio César Serrano Niño
Doctor en Ciencias en Alimentos
Investigador, Centro Universitario
de Ciencias Exactas e Ingenierías,
Universidad de Guadalajara
julio.serrano@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0001-8873-5340

Adriana Cavazos Garduño*
Doctora en Ciencias en Alimentos
Investigadora, Centro Universitario de
Ciencias Exactas e Ingenierías,
Universidad de Guadalajara
adriana.cavazos@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-3077-5371





RESUMEN

Freír alimentos utilizando aceites vegetales es una tradición ampliamente adoptada tanto en cocinas domésticas como industriales debido a la capacidad de este método para mejorar el sabor, la textura y el aspecto de los platos. No obstante, este proceso también conlleva la formación de compuestos tóxicos, como la acroleína y la acrilamida, los cuales se han asociado con posibles efectos negativos para la salud. El presente análisis examina el conocimiento existente sobre la generación de estos compuestos durante la fritura, los factores que influyen en su formación y las implicaciones que representan para la salud pública.

Los aceites para freír como el de maíz, soya, cártamo y oliva son muy importantes en la cocina, ya que soportan bien el calor y añaden características sensoriales atractivas al alimentos fritos tales como sabor y textura crujiente. Sin embargo, cuando en los alimentos se usan a temperaturas altas durante la fritura profunda, comúnmente entre los 150 y 220 °C, estos pueden llegar a experimentar cambios en su composición química, entre los que se encuentran la oxidación de lípidos y la hidrólisis de triacilglicéridos, que pueden llevar a la formación de compuestos potencialmente dañinos para la salud.

Dos compuestos que actualmente resultan preocupantes y que pueden generarse a partir de estos cambios son la acroleína y la acrilamida, siendo el primero un aldehído que se distribuye fácilmente en el aire y que causa irritación y la posibilidad de alterar el ADN, por otra parte, la acrilamida es una sustancia considerada neurotóxica y potencialmente carcinogénica en humanos. La acroleína se forma principalmente por el rompimiento del glicerol liberado durante la hidrólisis de los triacilglicéridos presentes en los aceites, mientras que la acrilamida se forma a través de la reacción de aminoácidos como la asparagina y azúcares reductores como la glucosa presentes en algunos alimentos como la papa.

Las transformaciones que sufre el aceite durante la fritura no solo afectan su calidad, sino que también pueden representar un riesgo real para nuestra salud, especialmente cuando se reutilizan varias veces sin el control adecuado. Es por ello que resulta importante entender el proceso de formación de estos compuestos, así como los factores que lo afectan en los alimentos y procesos culinarios como el freído. El entenderlo no solo nos permitirá promover prácticas más seguras en la industria alimentaria y en nuestros hogares, sino que también permitirá desarrollar y establecer políticas que ayuden a prevenir enfermedades crónicas relacionadas con la ingesta de compuestos dañinos a través de la dieta y a regular la formación y presencia de estos en los alimentos, especialmente aquellos que son sometidos a freído o calentamiento como parte de su elaboración.

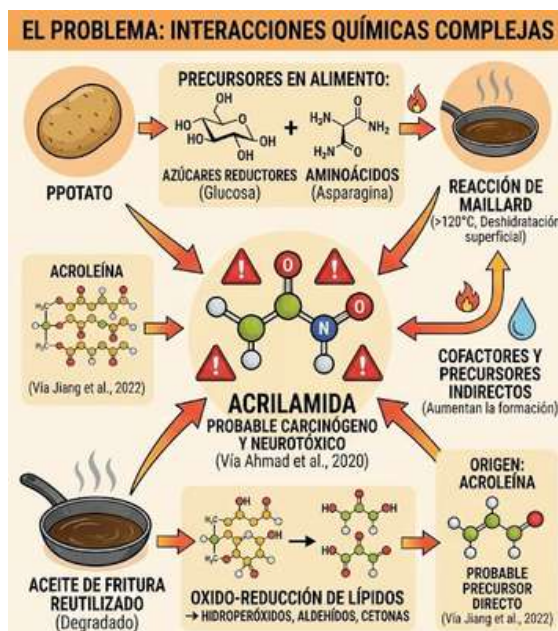


Figura 1. Esta sección ilustra cómo la acrilamida se forma en los alimentos (papa, pan) a través de la reacción de Maillard (glucosa + asparagina a >120°C). Lo más innovador es que muestra cómo la degradación del aceite (los hidroperóxidos y aldehídos, incluidos los de la acroleína de la primera imagen, indicados en el recuadro "Via image_0.png") actúa como cofactores y precursores indirectos que aceleran y potencian la formación de acrilamida.

¿Qué es la acroleína y cómo se forma?

La acroleína es un aldehído insaturado de bajo peso molecular, que se forma durante el freído con aceites vegetales principalmente a través de la descomposición térmica del glicerol y la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico y linolénico. La cantidad de acroleína que se forme dependerá de la temperatura de freído así como del tiempo y el tipo de aceite utilizado.

Se ha reportado que aceites con un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados como el aceite de soya, tienden a generar mayores cantidades de acroleína durante los primeros minutos de calentamiento en el proceso de freído, alcanzando la máxima concentración de acroleína al inicio del calentamiento del aceite durante el proceso de freído, disminuyendo posteriormente debido a su inestabilidad térmica y a su elevada volatilidad. Esto indica que sus niveles se reducen conforme transcurre el tiempo de freído y su mayor formación y acumulación sucede en las primeras etapas de freído, especialmente cuando los alimentos se sumergen en el aceite. Por otra parte, la composición del aceite resulta de particular interés, ya que los aceites con un alto contenido en ácido oleico muestran una mayor estabilidad y aquellos con un alto contenido en ácidos linoleico y linolénico, como el aceite de soya, que tiende a producir una mayor cantidad de acroleína (Kato et al., 2022).

¿Y la acrilamida? El enemigo invisible en los alimentos dorados

La acrilamida es un compuesto de bajo peso molecular que ha sido clasificada como un probable carcinogénico para humanos por la Agencia Internacional de Investigación del cáncer. Este compuesto se forma principalmente a través de la reacción de Maillard, cuando azúcares reductores y aminoácidos particulares reaccionan entre sí cuando el alimento que los contiene se somete a procesamiento térmico, siendo la temperatura de 120 °C la temperatura ideal de formación donde se han registrado las mayores concentraciones (Ahmad et al., 2020). Se ha visto que la formación de acrilamida sucede con mayor frecuencia en alimentos ricos en almidón como las papas, los cereales, productos de panificación y derivados de estos. Además de la composición del alimento y la temperatura de freído, se ha visto que factores como el contenido de agua en el alimento podría ser cruciales en la formación de la acrilamida durante el freído, ya que durante el proceso de fritura, el calor deshidrata la parte superficial del alimento concentrando los precursores de la acrilamida y facilitando su formación en las áreas más tostadas (Daniali et al., 2018).

Por otra parte, en investigaciones recientes se ha revelado que el tipo de aceite empleado para freír y la degradación de este que sucede cuando es reutilizado tienen también un impacto significativo en la formación de la acrilamida, ya que los aceites al momento de calentarse y reutilizarse experimentan un proceso de oxidación produciendo compuestos como hidroperóxidos, aldehídos y cetonas que interactúan con los componentes de los alimentos, actuando como cofactores en la reacción de Maillard y favoreciendo la formación de acrilamida en estos (Ahmad et al. 2021; Başaran & Turk, 2021). Estos hallazgos ponen de manifiesto la importancia de controlar no solo el tiempo y la temperatura durante el proceso de freído, sino también la calidad y el estado del aceite usado para minimizar el riesgo. A pesar de su toxicidad, la acrilamida no altera el sabor ni el aroma de los alimentos, lo que hace que su presencia pase inadvertida en productos dorados o crujientes. En contraste, la acroleína posee un olor penetrante, similar al del plástico quemado, y es altamente irritante para los ojos, la nariz y la garganta. Este olor característico puede considerarse una señal de advertencia de su formación y, por tanto, un indicador de que el aceite ha alcanzado un nivel de degradación potencialmente tóxico.

Una relación preocupante: acroleína y acrilamida

Diversas investigaciones han comenzado a explorar la posible relación entre la formación de la acroleína y su influencia en la generación de acrilamida durante el proceso de freído. A pesar de que ambos compuestos se han estudiado por separado, investigaciones sugieren que ambos podrían tener una relación estrecha a nivel químico, sobre todo al emplear aceites con un alto contenido en ácidos grasos insaturados bajo condiciones de calentamiento prolongado.

Se ha identificado que en los alimentos fritos en aceites ricos en ácido linoleico (en los que se producen altos niveles de acroleína), se producen niveles elevados de acrilamida, lo que sugiere que la acroleína podría estar actuando como un precursor en la formación de acrilamida. Aunque aún falta esclarecer el mecanismo exacto mediante el cual la formación de acrilamida dependería de la formación de acroleína, algunos estudios señalan que la presencia de esta en el aceite podría tener influencia en las condiciones químicas de la reacción de Maillard (Jiang et al., 2022).

¿Qué podemos hacer?

Debido a la problemática que representa la formación de acrilamida y acroleína durante el proceso de freído, se han implementado diversas medidas para mitigar su formación en los alimentos sometidos a freído.

Entre las acciones más comunes podemos destacar:

- Evitar reutilizar el aceite para freír y tratar de reducir los tiempos de fritura, para evitar la formación de productos derivados de la oxidación y degradación de los ácidos grasos presentes en los aceites, afectando las características sensoriales de los alimentos y produciendo productos tóxicos o potencialmente tóxicos.
- Tratar de mantener la temperatura de freído por debajo de los 180 °C, ya que a temperaturas más altas se intensificaría la reacción de Maillard, acelerando el deterioro del aceite y la formación de acrilamida en el alimento frito. Usar un termómetro resultaría clave para garantizar un control en la formación de acrilamida.
- Escoger aceites que sean más resistentes al calor y con un menor contenido de ácidos grasos poliinsaturados.
- Incorporar antioxidantes naturales directamente al alimento o al aceite para inhibir las reacciones de oxidación en los lípidos.

Además de lo anterior, se ha propuesto el uso de técnicas como la fritura al vacío, el uso de freidoras de aire, precocción al vapor o el uso de enzimas empleadas para reducir la asparagina y con ello la formación de acrilamida, en todas ellas tomando en consideración no comprometer las características sensoriales del alimento.



Figura 2. Esta sección proporciona cuatro pasos prácticos y visuales para reducir estos riesgos: control estricto de temperatura (<180°C), selección de aceites más estables (como el de alto oleico), gestión adecuada del aceite (evitar reutilización) e incorporación de antioxidantes naturales o nuevas tecnologías (como la fritura al vacío o freidoras de aire).

Conclusión

La fritura de alimentos con aceites vegetales puede generar compuestos como la acroleína y la acrilamida, ambos asociados con efectos tóxicos y posibles riesgos para la salud humana. La evidencia indica que la temperatura, el tiempo de calentamiento y el tipo de aceite son factores determinantes en su formación, siendo los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados los más propensos a producir mayores concentraciones.

Aunque la relación química exacta entre acroleína y acrilamida aún no se comprende completamente, se ha observado que la degradación del aceite y la presencia de acroleína pueden favorecer la generación de acrilamida en los alimentos fritos.

Reducir la temperatura y el tiempo de fritura, evitar la reutilización de aceites, emplear aceites más estables y añadir antioxidantes naturales son estrategias prácticas para minimizar estos riesgos. Profundizar en la investigación sobre mecanismos de formación y métodos de mitigación permitirá desarrollar procesos de fritura más seguros tanto en la industria alimentaria como en el hogar.

Referencias

1. Jiang K, Zhang Y, Wang X, Li X. Origin and fate of acrolein in foods. *Foods*. 2022;11(13):1872. doi: 10.3390/foods11131872.
2. Kato S, Yoshida M, Kato T. Acrolein generation pathways from linoleic acid and linolenic acid. *NPJ Sci Food*. 2021;5:10. doi: 10.1038/s41538-021-00084-2.
3. Başaran B, Turk H. The influence of oil type and reuse on acrylamide formation. *J Food Compos Anal*. 2019;78:1–6. doi: 10.1016/j.jfca.2019.02.003.
4. Ahmad SNS, Zainal Z, Zulkifli R. Vegetable oil selection and frying cycles influencing acrylamide formation. *Foods*. 2020;9(5):642. doi: 10.3390/foods9050642.
5. Daniali G, Khosravi M, Khodaparast MH. Acrylamide formation in vegetable oils and animal fats. *Food Chem*. 2018;246:1–8. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.11.118.

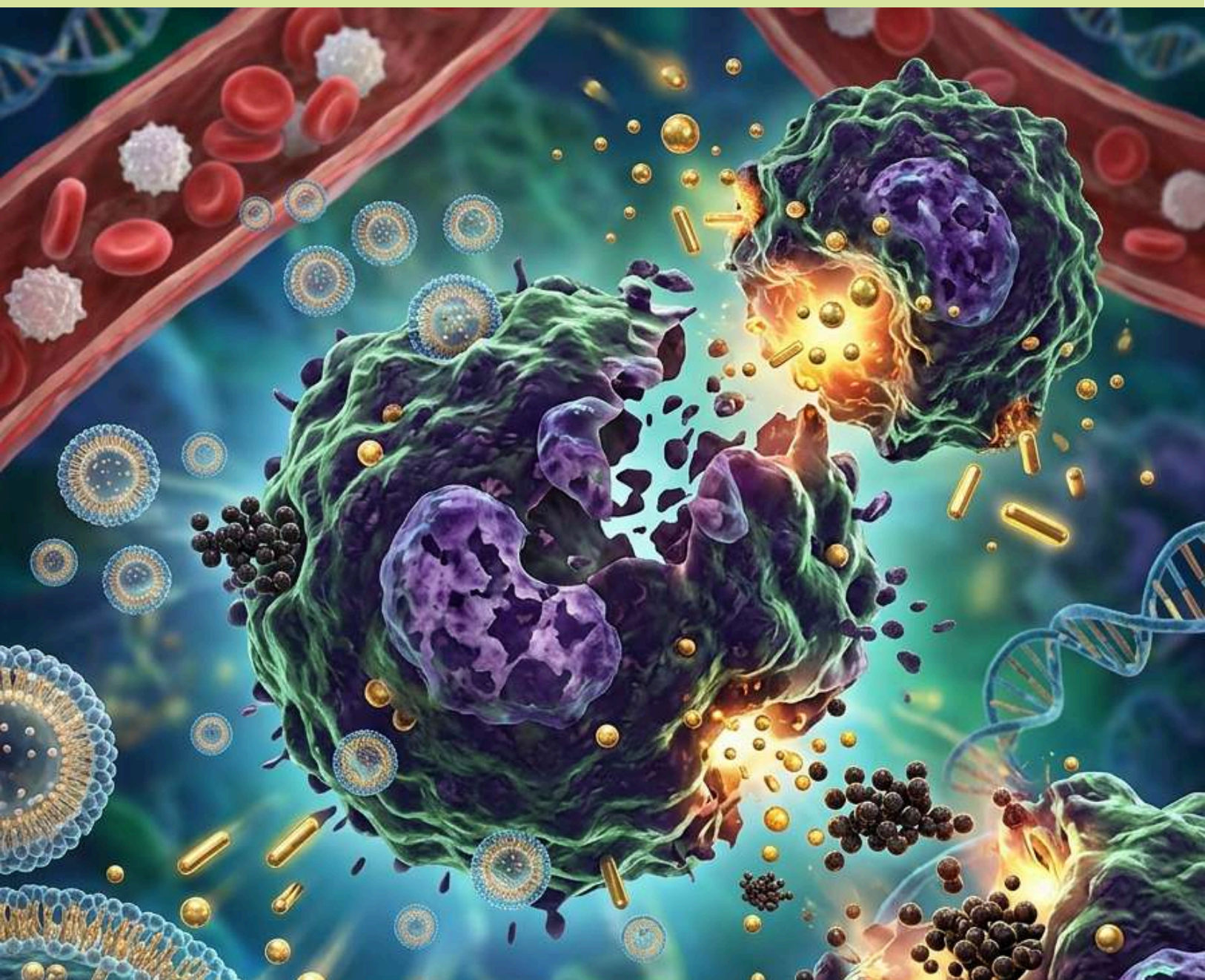
05. NANOTECNOLOGÍA: DIMINUTOS ALIADOS EN LA GRAN BATALLA CONTRA EL CÁNCER

Saulo Manuel Álvarez Saldaña
Estudiante del Doctorado en
bioquímica molecular y
traslacional
Universidad de Guadalajara
saulo.alvarez9124@alumnos.udg.mx
ORCID: 0009-0001-6735-4079

Gonzalo Casillas Moreno
Estudiante de la Licenciatura
en química
Universidad de Guadalajara
gonzalo.casillas5956@alumnos.udg.mx
ORCID: 0009-0008-5747-182X

Andrea Carolina Machado
Sulbarán
Doctora
Universidad de Guadalajara
andrea.machado5223@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0001-7879-9316

Diego Alberto Lomeli
Rosales*
Doctor
Universidad de Guadalajara
diego.lomeli4077@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-9949-5829



RESUMEN

El cáncer continúa siendo una de las principales causas de muerte en el mundo y representa un reto persistente para la ciencia médica. En este sentido, la nanotecnología se presenta como una herramienta prometedora para desarrollar terapias más selectivas, eficaces y menos invasivas, contribuyendo al marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible 3: Salud y bienestar. Este artículo presenta una introducción a los fundamentos de la nanotecnología y su aplicación en la lucha contra el cáncer, destacando ejemplos concretos como el uso de nanopartículas lipídicas, de oro y de óxido de hierro en terapias dirigidas, así como los beneficios de la medicina personalizada en esta enfermedad. Adentrémonos entonces en los fascinantes detalles que explican el cómo y el porqué.

La salud es un derecho humano fundamental y, al mismo tiempo, uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad. En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Organización de las Naciones Unidas, el ODS 3: Salud y bienestar busca “garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades” (1).

Alcanzar esta meta implica enfrentar enfermedades que afectan a millones de personas en el mundo y que, pese a los avances médicos, continúan desafiando a la ciencia. Entre ellas, el cáncer que sigue siendo una de las más devastadoras (1).

Las enfermedades no transmisibles, también llamadas enfermedades crónicas, evolucionan lentamente y suelen carecer de una cura definitiva. Entre ellas, el cáncer destaca como una de las más graves y persistentes (1).

Esta enfermedad es un conjunto de enfermedades de más de 200 tipos distintos y se origina por el crecimiento descontrolado de células malignas que ignoran las señales naturales del cuerpo y tienen la capacidad de invadir tejidos, propagarse a otros órganos y poner en riesgo la vida, pese a que todos los tipos presentan las mismas características cada una presenta una fisiopatología distinta (2).

Según la Organización Mundial de la Salud, el cáncer es la segunda causa de muerte a nivel global, y su incidencia continúa en aumento. Los tratamientos más comunes como la radioterapia, cirugía y quimioterapia han permitido salvar millones de vidas, pero también presentan grandes limitaciones (2). Específicamente, la quimioterapia afecta tanto a las células cancerosas como a las sanas, generando severos efectos secundarios como fatiga, náuseas, pérdida de cabello y deterioro general de la salud (2).

Los tratamientos convencionales suelen ser costosos y existe el riesgo de recaídas. Por ello, la ciencia busca alternativas más precisas, seguras y personalizadas.

Dentro de las respuestas que se proponen para solucionar o contrarrestar este tipo de enfermedades, se ha recurrido a emplear la nanotecnología, la cual es una rama de la ciencia que manipula la materia a escalas diminutas (del orden de los nanómetros, es decir, una millonésima parte de un milímetro) (3).

A esa escala, los materiales presentan propiedades físicas y químicas únicas que pueden aprovecharse para la medicina. Cuando estas propiedades se aplican a la salud, surge la nanomedicina (Figura 1), una rama dedicada a la aplicación de estructuras nanométricas para diagnosticar, tratar y reparar sistemas biológicos a nivel molecular (3).

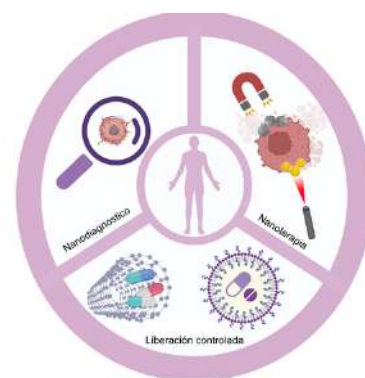


Figura 1. Representación esquemática de las principales aplicaciones de la nanomedicina: nanodiagnóstico, nanoterapia y sistemas de liberación controlada de fármacos. La ilustración muestra el uso de nanopartículas como plataformas para el diagnóstico, la dirección selectiva y la liberación sostenida de agentes terapéuticos (elaboración propia, 300 DPI).

En el caso del cáncer, las nanopartículas pueden ser diseñadas para transportar medicamentos directamente hasta las células tumorales, evitando afectar los tejidos sanos. Esto se logra no solo mediante el acoplamiento de los fármacos a la superficie de las nanopartículas o su encapsulación en la matriz, sino también a través de la funcionalización de las nanopartículas con moléculas de reconocimiento (como anticuerpos, péptidos o ligandos específicos) que se unen a receptores en las células tumorales.

De esta manera se favorece la acumulación selectiva en el tejido dañado y se consigue una liberación más localizada, lenta y prolongada del medicamento, reduciendo la exposición de los tejidos sanos (4). Un ejemplo destacado son los liposomas, pequeñas vesículas formadas por lípidos que encapsulan fármacos y los liberan únicamente en el sitio del tumor. Este principio, similar al de las vacunas de ARN mensajero utilizadas contra la COVID-19, reduce drásticamente los efectos secundarios y mejora la eficacia terapéutica (4).

Otro ejemplo prometedor en estudios preclínicos son las nanopartículas metálicas, como las de oro y plata, que poseen propiedades ópticas y térmicas únicas. Las nanopartículas de oro, por ejemplo, pueden ser irradiadas con luz láser infrarroja para generar calor y destruir las células malignas sin dañar las sanas, usando una técnica que se asemeja a un microondas en miniatura, solo que es sumamente preciso y que solo se activa en las células tumorales (hipertermia localizada) (4).

Por su parte, las nanopartículas de óxido de hierro combinan diagnóstico y tratamiento, en lo que se conoce como terapia teranóstica. Funcionan como agentes de contraste en resonancias magnéticas y, al mismo tiempo, pueden transportar medicamentos o generar calor mediante campos magnéticos, ofreciendo una doble función: detectar y tratar (4).

Más allá de su tamaño diminuto, la nanotecnología destaca por su capacidad de interactuar con otras áreas científicas. Hoy se combina con la biología molecular, la inteligencia artificial y la ingeniería biomédica para lograr desarrollar un robot que permita interacciones precisas con objetos a nanoescala (desarrollo de futuro de nanorobots que sean capaces de detectar mutaciones genéticas, reparar tejidos o administrar dosis exactas de medicamentos según las necesidades del paciente) (5).

Este enfoque abre el camino hacia la medicina personalizada, donde cada tratamiento se diseña según el perfil genético y molecular de cada individuo. Así, la nanotecnología se perfila como una herramienta clave para hacer realidad terapias más eficaces, seguras y humanas (5).

Ahora bien, la nanotecnología suena muy prometedora para dar solución a este tipo de problemas de salud, sin embargo, a pesar de su enorme potencial, la nanotecnología médica plantea desafíos importantes y es necesario estudiar los posibles efectos tóxicos de los nanomateriales en el cuerpo y en el ambiente, establecer marcos regulatorios claros y garantizar la equidad en el acceso a estas innovaciones.

La ciencia no debe avanzar sola por eso necesita del diálogo con la sociedad, la ética y las políticas públicas.

CONCLUSIÓN

El cáncer ha sido, durante siglos, una de las mayores amenazas para la vida humana. Pero gracias a la creatividad científica y a los avances en nanotecnología, se ha comenzado a construir un camino hacia los tratamientos para que sean más precisos, personalizados y esperanzadores.

Desde las nanopartículas que transportan fármacos de una forma similar a un Uber molecular, donde la nanopartícula lleva como pasajero al medicamento directo a la célula enferma, hasta donde nanomateriales destruyen tumores con calor o luz, la ciencia demuestra que lo pequeño puede cambiar el rumbo de lo grande.

La nanotecnología, aunque invisible al ojo humano, está moviendo la ciencia hacia un porvenir donde el bienestar y la salud sean una realidad alcanzable para todos.

Referencias

1. Gamez MJ. Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible [Internet]. Desarrollo Sostenible; 2022. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
2. Cardona Palacio A, García Rueda JE. Aspectos esenciales del cáncer: una revisión narrativa. Arch Patol. 2025; 5 (1): 1–22. doi:10.17811/ap.v5i1.22982
3. Salvador-Morales C, Grodzinski P. Nanotechnology tools enabling biological discovery. ACS Nano [Internet]. 2022; 16(4): 5062–84. Doi: 10.1021/acsnano.1c10635
4. Zhu J, Lee H, Huang R, Zhou J, Zhang J, Yang X, et al. Harnessing nanotechnology for cancer treatment. Front Bioeng Biotechnol [Internet]. 2025;12:1514890. Doi: doi.org/10.3389/fbioe.2024.1514890
5. Gajare SR, Deshmukh AS, Shinde CK. Personalized medicine: a review. Int J Pharm Sci Rev Res. 2021;69(1). doi:10.47583/ijpsrr.2021.v69i01.023

1Hipertermia localizada: Técnica terapéutica que aplica calor directamente sobre áreas específicas del cuerpo, como tumores, para aumentar la efectividad de tratamientos como la radioterapia y la quimioterapia.

2Técnica que integra diagnóstico + terapia en una sola, permitiendo detectar, monitorear y tratar una enfermedad de forma personalizada.

3Dispositivo extremadamente pequeño diseñado para realizar tareas específicas a nivel molecular o celular.



06. ANTOCIANINAS: DEL ALIMENTO AL IMPACTO EN SALUD

Gerardo Lorenzana
Martínez
Doctor y Profesor
gerardo.lorenzana4279@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-6957-8877

José Ricardo
Cuéllar Pérez
Doctor y Profesor
ricardo.cuellar@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-7527-8627

Elizabeth Varela Navarro*
Maestra y Docente Asociado, Departamento de
Medicina Veterinaria, Centro Universitario de Ciencias
Biológicas y Agropecuarias, Universidad de
Guadalajara.
elizabeth.varela@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-2816-8695



RESUMEN

Las antocianinas son pigmentos naturales solubles en agua responsables de los tonos rojos, azules y púrpuras presentes en flores, frutos y semillas. Estos compuestos se encuentran en distintos alimentos, entre ellos la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), una planta ampliamente consumida en México como agua fresca y en diversas preparaciones culinarias. Además de aportar color, la jamaica contiene vitaminas, minerales y compuestos bioactivos asociados con distintos beneficios para la salud. Diversos estudios experimentales y clínicos han relacionado las antocianinas con actividad antioxidante, antiinflamatoria, antihipertensiva y antidiabética. También se han observado efectos favorables sobre el perfil lipídico, disminución de grasa visceral y mejor regulación de glucosa en sangre. En modelos celulares y animales, algunos estudios sugieren posibles efectos protectores frente a procesos neurodegenerativos, alteraciones reproductivas y ciertos tipos de cáncer. Actualmente, la jamaica es considerada un alimento funcional debido a la presencia de compuestos bioactivos asociados con efectos benéficos en la salud. Sin embargo, todavía se requieren más estudios clínicos para definir dosis efectivas, entender mejor cómo el cuerpo aprovecha estos compuestos y establecer estándares de calidad para su aplicación en salud humana.

Antocianinas: más allá del color

Los polifenoles son un amplio grupo de compuestos naturales presentes en muchas plantas y asociados con diversos beneficios para la salud. Dentro de este grupo se encuentran los flavonoides, moléculas que incluyen diferentes familias como flavonas, flavonoles, isoflavonas y antocianinas. Estas últimas han despertado gran interés científico debido a sus posibles efectos antioxidantes y antiinflamatorios.

Las antocianinas son pigmentos naturales solubles en agua ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Son responsables de los tonos rojos, azules y púrpuras presentes en flores, frutas, granos, raíces e incluso algunas hojas. Además de aportar color, estos compuestos cumplen funciones importantes en las plantas, como protegerlas de la radiación ultravioleta y favorecer la atracción de polinizadores. Hasta el momento se han identificado 17 tipos de antocianinas y cerca de 600 derivados en la naturaleza. Entre las más comunes en alimentos se encuentran la cianidina, delfinidina, petunidina, peonidina, pelargonidina y malvidina [1].

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es una planta tropical y subtropical cultivada en distintas regiones del mundo, entre ellas México, Sudán, Egipto, Nigeria y varios países de Centroamérica. Sus cálices de intenso color rojo son ampliamente utilizados en bebidas y preparaciones culinarias debido a su sabor característico y a su contenido de antocianinas, compuestos responsables de gran parte de su coloración. Además de utilizarse como colorante natural, la jamaica aporta carbohidratos, proteínas, ácidos grasos, vitaminas y minerales presentes en cálices, hojas y semillas. En algunas regiones, las hojas se consumen crudas o cocidas, mientras que las semillas, ricas en proteína y aceites, pueden emplearse en sopas o como sustituto de otros ingredientes en diferentes platillos [2]. En México, la jamaica forma parte de la tradición alimentaria y suele consumirse principalmente como agua fresca, aunque también se utiliza en mermeladas, guisos y tacos.



Efectos promotores de la salud

Desde hace siglos, las plantas han sido parte fundamental de la medicina tradicional, en la actualidad, la ciencia busca entender qué hay detrás de esos usos ancestrales, en ese contexto, las antocianinas han despertado amplio interés por sus posibles efectos en la salud.

Diversos estudios en distintos modelos experimentales han demostrado que las antocianinas poseen una gama de efectos farmacológicos y se les ha relacionado con actividad antibacteriana, antioxidante, antiinflamatoria, antihipertensiva, antidiabética, además de posibles efectos protectores sobre hígado y riñón [3,4]. Asimismo, algunos estudios sugieren posibles efectos fitoestrogénicos asociados con estos compuestos [5]. A pesar de la cantidad de información disponible, todavía se requiere más investigación para confirmar muchos de estos efectos y establecer dosis efectivas en humanos. Sin embargo, los hallazgos actuales ayudan a explicar por qué muchos alimentos ricos en antocianinas han sido valorados desde hace mucho tiempo. La evidencia actual sugiere que el consumo de antocianinas podría contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares al disminuir procesos inflamatorios asociados con daño metabólico [1,4]. También se han relacionado con reducción de grasa corporal y visceral [1,4]. En oncología, algunos estudios experimentales han mostrado que las antocianinas pueden inhibir la proliferación y migración de ciertas células cancerosas [3,4]. Por ejemplo, extractos ricos en antocianinas provenientes de arándano han mostrado reducción del crecimiento tumoral en modelos animales [1]. En diabetes, algunos estudios sugieren que las antocianinas podrían contribuir a mejorar la regulación de glucosa en sangre [4].



Antocianinas y salud cardiovascular

Uno de los efectos más estudiados de la jamaica es su capacidad para mejorar el perfil lipídico. Investigaciones en animales y en personas han demostrado que los extractos de jamaica pueden reducir los niveles de colesterol LDL, conocido como “colesterol malo”, así como los triglicéridos y la grasa corporal excesiva [1,3,4]. Estos compuestos actúan regulando el metabolismo energético, disminuyendo la inflamación y evitando la oxidación de las grasas [1,4]. En estudios clínicos, pacientes que consumieron cápsulas o polvo de jamaica durante algunas semanas mostraron mejoras significativas en sus niveles de lípidos en sangre [4].

Además de su efecto sobre los lípidos, la jamaica también ha mostrado propiedades antihipertensivas. La hipertensión, o presión alta, es uno de los problemas de salud más comunes en México y en el mundo, y aumenta el riesgo de infartos, derrames cerebrales y daño renal. Diversos estudios han demostrado que el té o extracto de jamaica puede reducir la presión arterial sistólica y diastólica en personas con hipertensión leve o moderada [1,3,4]. En algunos casos, sus efectos han sido comparables a medicamentos como captopril o lisinopril, aunque con menor intensidad [4]. Los mecanismos propuestos incluyen la inhibición de enzimas relacionadas con la regulación de la presión arterial, la dilatación de vasos sanguíneos y sus propiedades antioxidantes [1,3]. Lo más relevante es que la jamaica se considera segura y bien tolerada en consumo moderado, con pocos efectos secundarios reportados [4].

El consumo de antocianinas podría reducir la inflamación

La inflamación es una reacción natural del cuerpo para defenderse de daños o infecciones. Sin embargo, en enfermedades crónicas como la diabetes, esta respuesta puede volverse excesiva y contribuir al daño de órganos como los riñones. En ese contexto, la flor de jamaica ha despertado interés por sus posibles propiedades antiinflamatorias. Diversos estudios en animales y en humanos han encontrado que las antocianinas presentes en la jamaica pueden ayudar a disminuir sustancias relacionadas con inflamación y estrés oxidativo, además de proteger las células y favorecer el funcionamiento renal [3,4]. Incluso, algunos estudios sugieren que el consumo de jamaica podría disminuir el riesgo de infecciones urinarias en personas con catéteres y contribuir al manejo de enfermedades crónicas del riñón [4]. Aunque los resultados son prometedores, todavía se requiere más investigación para confirmar estos efectos, así como establecer dosis seguras y efectivas en humanos.

El consumo de antocianinas podría prevenir, inhibir o revertir el desarrollo del cáncer

El cáncer se desarrolla cuando las células dejan de responder a los mecanismos normales de control y comienzan a crecer de manera desordenada. En los últimos años, diversos estudios han mostrado interés en las antocianinas de jamaica por sus posibles efectos sobre este proceso. Investigaciones en células y modelos animales han encontrado que estos compuestos pueden inhibir el crecimiento y proliferación de algunas células cancerosas, además de favorecer su muerte celular controlada [3,4]. Estos efectos se han observado en diferentes tipos de cáncer, como leucemia, mama, ovario y cuello uterino. Algunos estudios sugieren que las antocianinas podrían actuar de manera más selectiva sobre células dañadas, con menor afectación sobre células sanas, lo que ha despertado interés sobre su posible uso como apoyo complementario en investigación oncológica [3].



Además, en modelos animales se ha observado reducción en la progresión de algunos tipos de leucemia y mejoría en parámetros asociados con daño tisular [4]. Aunque los resultados son alentadores, todavía se requieren más estudios clínicos en humanos para confirmar estos efectos y comprender mejor los mecanismos mediante los cuales actúan estos compuestos.



El consumo de antocianinas mejora la fertilidad



El cisplatino es un medicamento usado contra el cáncer, pero uno de sus efectos secundarios es que puede dañar la calidad de los espermatozoides y afectar la fertilidad. Investigadores probaron el extracto de flor de jamaica en ratas y encontraron que ayudaba a proteger a los espermatozoides, reduciendo las alteraciones y mejorando su movilidad. Esto ocurre porque la jamaica tiene compuestos antioxidantes que actúan como defensas naturales en los testículos, favoreciendo el buen funcionamiento de las células reproductivas. Aunque los resultados son prometedores, todavía faltan más estudios en humanos para confirmar si la jamaica puede convertirse en un apoyo real para quienes enfrentan problemas de fertilidad [3].

Además de esto, recientes estudios demuestran que estas antocianinas (particularmente cianidina y delphinidina) tienen potente afinidad hacia el receptor estrogénico alfa, lo cual nos indica que estos pigmentos naturales pueden tener efectos positivos sobre la salud reproductiva de mujeres desde etapas tempranas de la vida [5].



El consumo de antocianinas mejora la memoria y aprendizaje



Las antocianinas extraídas de la flor de jamaica también han despertado interés por sus posibles efectos en el cerebro. Algunos estudios experimentales sugieren que estos compuestos podrían contribuir a mejorar procesos como la memoria y el aprendizaje [3,4]. Parte de estos efectos podría relacionarse con su actividad antioxidante y antiinflamatoria, ya que ayudan a disminuir el daño causado por estrés oxidativo e inflamación en el cerebro, procesos asociados con deterioro neuronal. Al reducir estos efectos, las neuronas y sus conexiones pueden mantenerse en mejores condiciones. Además, algunos estudios han observado que las antocianinas podrían favorecer mecanismos relacionados con la plasticidad neuronal, es decir, la capacidad del cerebro para adaptarse, formar nuevas conexiones y almacenar información [3].

También, se ha reportado que las antocianinas podrían ayudar a mejorar el metabolismo energético de las neuronas y reducir la acumulación de proteínas asociadas con procesos neurodegenerativos. En estudios pequeños realizados en humanos, el consumo de extractos ricos en antocianinas ha mostrado mejoras leves en algunas funciones cognitivas, aunque la evidencia aún es limitada sobre los efectos, dosis y condiciones de consumo [4].



En conclusión, además de ser refrescante, las antocianinas de la jamaica podrían contribuir a la prevención de enfermedades crónicas. Diversos estudios han relacionado estos compuestos con efectos positivos en procesos asociados con inflamación, metabolismo y salud cardiovascular. Además, en consumo moderado, la jamaica se considera segura y bien tolerada, sin efectos adversos importantes sobre hígado o riñón.



Por ello, la jamaica es considerada un alimento funcional, ya que además de aportar nutrimentos contiene sustancias bioactivas asociadas con efectos benéficos en la salud. Sin embargo, todavía falta definir con mayor claridad las cantidades recomendadas y comprender mejor cómo el cuerpo aprovecha estos compuestos. También se requiere establecer estándares internacionales que garanticen la calidad de los extractos de jamaica utilizados en suplementos y alimentos.

Referencias

1. Carvalho F, Lahlou RA, Silva LR. Phenolic compounds from cherries and berries for chronic disease management and cardiovascular risk reduction. *Nutrients*. 2024;16(11):1597. doi:10.3390/nu16111597
2. Amtaghri S, Qabouche A, Slaoui M, Eddouks M. A comprehensive overview of *Hibiscus rosa-sinensis* L.: its ethnobotanical uses, phytochemistry, therapeutic uses, pharmacological activities, and toxicology. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*. 2024;24(1):86-115. doi:10.2174/1871530323666230522113405
3. Bhandare SD, Malode SS. Examination of *Hibiscus sabdariffa*'s bioactive arsenal: pharmacological prospects and comprehensive insights into catalysing health and wellness through its therapeutic attributes—an exposition. *J Pharm Pharmacol*. 2024;76(3):163-82. doi:10.1093/jpp/rgad125
4. Almajid A, Bazroon A, AlAhmed A, Bakhurji O. Exploring the health benefits and therapeutic potential of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) in human studies: a comprehensive review. *Cureus*. 2023;15(11):e49309. doi:10.7759/cureus.49309
5. Lorenzana-Martínez G, San Juan-García CA, Santerre A, Andrade-González I, Bañuelos-Pineda J. The phytoestrogenic effect of *Hibiscus sabdariffa* involves estrogen receptor α in ovariectomized Wistar rats. *Plant Foods Hum Nutr*. 2023;78(2):426-31. doi:10.1007/s11130-023-01061-x

07. METALES EN EL CUERPO: LA QUÍMICA OCULTA QUE TE MANTIENE VIVO

Diego Ivan Aguilar Vazquez
Maestro en Ciencias en Química
Estudiante del Doctorado en
ciencias en Química - Universidad
de Guadalajara - CUCEI
diego.avazquez@alumnos.udg.mx
ORCID: 0009-0007-0328-9398

Irma Idalia Rangel Salas
Doctora en Ciencias con orientación
en Química Inorgánica
Universidad de Guadalajara – CUCEI –
Departamento de Química
idalia.rangel@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0001-7153-4091

Ana María Puebla Pérez*
Doctora en Inmunología
Universidad de Guadalajara –
CUCEI – Departamento de
Farmacología
ana.puebla@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0001-5133-1975



RESUMEN

¿Sabías que los metales no solo se encuentran en cables, monedas u otras estructuras?, también están dentro de ti y son considerados esenciales para la vida misma. En el interior de cada célula, elementos como el hierro, el cobre, el zinc o el manganeso desempeñan funciones vitales que permiten que procesos fisiológicos se lleven a cabo, tales como: respirar, obtener energía e incluso defendernos de infecciones. Los metales se caracterizan por su capacidad para formar diversos tipos compuestos conocidos como complejos de coordinación y su capacidad de variar su carga ha sido aprovechada por la naturaleza de una manera muy ingeniosa.

Desde la hemoglobina que transporta oxígeno hasta las enzimas que eliminan radicales libres, los metales de transición actúan como los engranajes invisibles de la maquinaria bioquímica. Comprender su papel no solo nos ayuda a entender mejor cómo funciona la vida, sino también a desarrollar nuevos fármacos, materiales y tecnologías que permiten mejorar la calidad de vida de las personas.

Cuando pensamos en metales, nos vienen a la mente imágenes de estructuras robustas, cables brillantes o valiosas joyas. Son materiales que asociamos con la fuerza y la conducción, capaces de formar iones positivos que explican su capacidad de transmitir electricidad y calor.(1)

Pero hay un grupo de estos metales, los metales de transición (Figura 1), que esconden un secreto fascinante. Ubicados en el corazón de la tabla periódica, elementos como el hierro, el cobre y el zinc no solo son útiles para construir nuestro mundo, sino que son piezas fundamentales para la vida misma.(2)

Gracias a su asombrosa versatilidad —pueden cambiar de estado, formar compuestos de colores vibrantes y participar en reacciones complejas—, estos metales se han convertido en aliados indispensables de la naturaleza. Son los responsables de procesos esenciales como transportar oxígeno, generar energía, proteger nuestras células e incluso leer la información de nuestro ADN. (2)

En este trabajo exploraremos cómo estos metales invisibles, presentes en cantidades mínimas, pero con roles gigantescos, sostienen los procesos que nos mantienen con vida.

Grupo →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Periodo ↓																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lantánidos	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
Actínidos	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

Figura 1.





¿EL HIERRO: MÁS QUE SOLO UN INDICADOR DE ANEMIAS

Quizá alguna vez hayas escuchado las palabras hierro y anemia por parte del médico cuando alguien se siente débil. Si bien este es un indicador muy útil para los doctores, el hierro también destaca como uno de los metales más importantes, ya que interviene en procesos vitales como la respiración y el transporte de oxígeno.

Imagina un servicio de reparto ultrarrápido que recoge un cargamento vital en una estación y lo distribuye con precisión por todo el cuerpo. Eso es exactamente lo que hace la hemoglobina, una proteína extraordinaria que se encuentra en nuestros glóbulos rojos y que tiene una misión crítica: transportar el oxígeno que necesitamos para vivir.

En el corazón de cada molécula de hemoglobina hay cuatro grupos "hemo", y cada uno de ellos contiene un átomo de hierro (Figura 2). Este hierro actúa como un imán especializado que puede atrapar moléculas de oxígeno en los pulmones y luego liberarlas exactamente donde el cuerpo las necesita: en los músculos, el cerebro o cualquier otro tejido.⁽³⁾ Lo más asombroso es que estos cuatro "camiones de oxígeno" trabajan en equipo: cuando el primero recoge oxígeno, los siguientes lo hacen con más facilidad, ¡como si se dieran aviso unos a otros!

El viaje de la hemoglobina es un circuito continuo y perfectamente coordinado:

- 1.Carga en los pulmones: En los alvéolos pulmonares, donde el aire es rico en oxígeno, el hierro de la hemoglobina se "engancha" firmemente a las moléculas de O_2 .
- 2.Viaje por el torrente sanguíneo: Los glóbulos rojos navegan por la sangre, llevando su preciada carga.
- 3.Entrega en los tejidos: Al llegar a tejidos que están trabajando (como un músculo al ejercitarse), el entorno se vuelve más ácido y con más dióxido de carbono. Estos cambios le indican a la hemoglobina que es hora de soltar el oxígeno.
- 4.Recogida de residuos: De vuelta, la hemoglobina no viaja vacía. Ayuda a recoger parte del dióxido de carbono (el "humor" de la célula) para devolverlo a los pulmones y exhalarlo.

El secreto de este sistema perfecto reside en la química del hierro. Este metal de transición es ideal para la tarea porque puede unirse al oxígeno de forma reversible y estable, sin oxidarse de manera permanente. Es el componente activo que hace posible el milagro del transporte de oxígeno.⁽³⁾

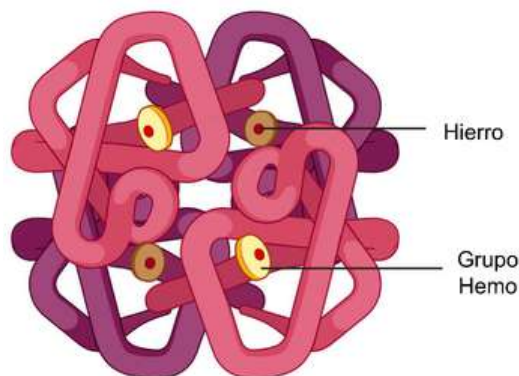


Figura 2.





EL COBRE: UN PEQUEÑO GIGANTE EN NUESTRO CUERPO

Además del hierro, existe otro metal esencial para la vida que actúa tras bambalinas: el cobre. Aunque está presente en nuestro cuerpo en cantidades muy pequeñas, su papel es tan crucial como el de un director de orquesta en una sinfonía. Imagina que los electrones son "paquetes de energía" con carga negativa que necesitan viajar de un lugar a otro.

Uno de los ejemplos más fascinantes del cobre en acción ocurre en las mitocondrias, que son como las centrales eléctricas de nuestras células. Allí, una enzima llamada Citocromo C Oxidasa — que contiene tanto cobre como hierro— actúa en la etapa final de la respiración. Su misión es transformar el oxígeno que respiramos en agua.(4) Para lograrlo, el cobre funciona como un interruptor molecular: recibe y cede electrones de manera controlada, evitando que se libere energía de forma explosiva. Gracias a este proceso, nuestras células producen ATP, la "moneda energética" que usamos para realizar todas nuestras actividades.(4)

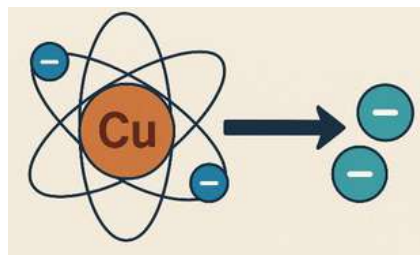


Figura 3.

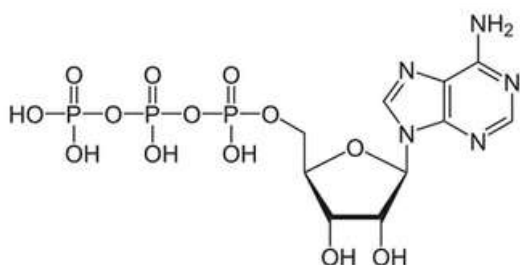


Figura 4.

El cobre también es clave en nuestro sistema de defensa. La enzima superóxido dismutasa, por ejemplo, actúa como un guardaespaldas celular. Su trabajo es neutralizar a los radicales libres, moléculas inestables y peligrosas que pueden dañar nuestras células. El cobre, con su capacidad única para manejar cargas eléctricas, logra "domar" estas moléculas agresivas y convertirlas en sustancias menos dañinas, protegiéndonos así del envejecimiento y diversas enfermedades.(4)

EL ZINC: EL ARQUITECTO INVISIBLE DE LA VIDA

Si el hierro y el cobre son los mensajeros y electricistas de nuestra célula, el zinc es su arquitecto y supervisor de obras. Aunque no brilla como otros metales en reacciones de intercambio de energía, su verdadero poder reside en la estabilidad y el soporte estructural que proporciona.





TRASLACIÓN: MOVIENDO CIENCIA

El zinc actúa principalmente como un cofactor esencial, es decir, como un "asistente molecular" sin el cual muchas enzimas no podrían trabajar. Un ejemplo extraordinario es la anhidrasa carbónica,(1) una de las enzimas más rápidas que existen. Imagina que necesitamos transformar rápidamente el dióxido de carbono que producen nuestras células en una sustancia que la sangre pueda transportar fácilmente. El zinc, en el centro de esta enzima, actúa como un director de orquesta: sujeta una molécula de agua y la prepara para reaccionar con el CO_2 a una velocidad asombrosa. Sin él, procesos básicos como la respiración o el mantenimiento de nuestro pH sanguíneo serían increíblemente lentos.(5)

Pero su papel no termina ahí. El zinc es también un escultor molecular. En las proteínas llamadas "dedos de zinc", este metal actúa como el armazón o esqueleto interno que le da a la proteína una forma tridimensional precisa. Piensa en estos "dedos" como llaves maestras que, gracias al zinc manteniendo su forma, pueden encajar perfectamente en cerraduras específicas de nuestro ADN. (5) De esta manera, activan o desactivan genes, regulando así desde la producción de proteínas hasta la división celular y las defensas de nuestro cuerpo.

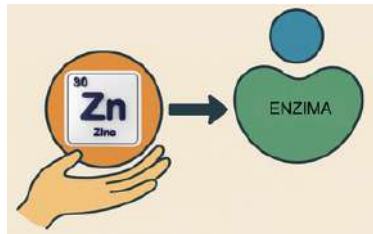


Figura 5.

CONCLUSIONES

Como hemos visto, elementos como el hierro, el cobre, el zinc y el manganeso son mucho más que simples componentes de la tabla periódica: son piezas fundamentales de la maquinaria de la vida. Cada uno, con sus propiedades únicas, desempeña un papel especializado e irremplazable en nuestro organismo.

Podemos imaginarlos como un equipo de superhéroes moleculares donde cada uno tiene un poder distinto:

- El Hierro es el mensajero maestro del oxígeno. Gracias a su capacidad para "agarrar y soltar" oxígeno en el momento justo, garantiza que cada célula de nuestro cuerpo reciba el combustible que necesita para funcionar. Es el pilar de nuestra respiración celular.
- El Cobre es el electricista celular. Su talento para manejar electrones lo hace indispensable para generar energía de forma eficiente en nuestras mitocondrias y para actuar como un guardaespaldas que neutraliza a los peligrosos radicales libres.
- El Zinc es el arquitecto y supervisor. Su fortaleza no está en cambiar, sino en brindar una estructura estable y firme. Es el andamio que da forma a las proteínas que leen nuestro ADN y el asistente esencial que acelera reacciones vitales.

En conjunto, estos metales nos muestran la asombrosa inteligencia de la naturaleza, que ha sabido aprovechar la química inorgánica para construir sistemas biológicos increíblemente eficientes. Entender esta colaboración no solo nos desvela los secretos de la vida, sino que también abre la puerta a futuros avances en medicina y tecnología, inspirándonos a aprender de la ingeniería perfecta que llevamos dentro.





Referencias

1. Fraústo da Silva JJR, Williams RJP. The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press; 2001.
2. Bertini I, Gray HB, Stiefel EI, Valentine JS. Biological Inorganic Chemistry: Structure and Reactivity. Sausalito (CA): University Science Books; 2007.
3. Hentze MW, Muckenthaler MU, Andrews NC. Balancing acts: molecular control of mammalian iron metabolism. Cell. 2004;117(3):285–97.
4. Kim BE, Nevitt T, Thiele DJ. Mechanisms for copper acquisition, distribution and regulation. Nat Chem Biol. 2008;4(3):176–85.
5. Vallee BL, Auld DS. Zinc coordination, function, and structure of zinc enzymes and other proteins. Biochemistry. 1990;29(24):5647–59.



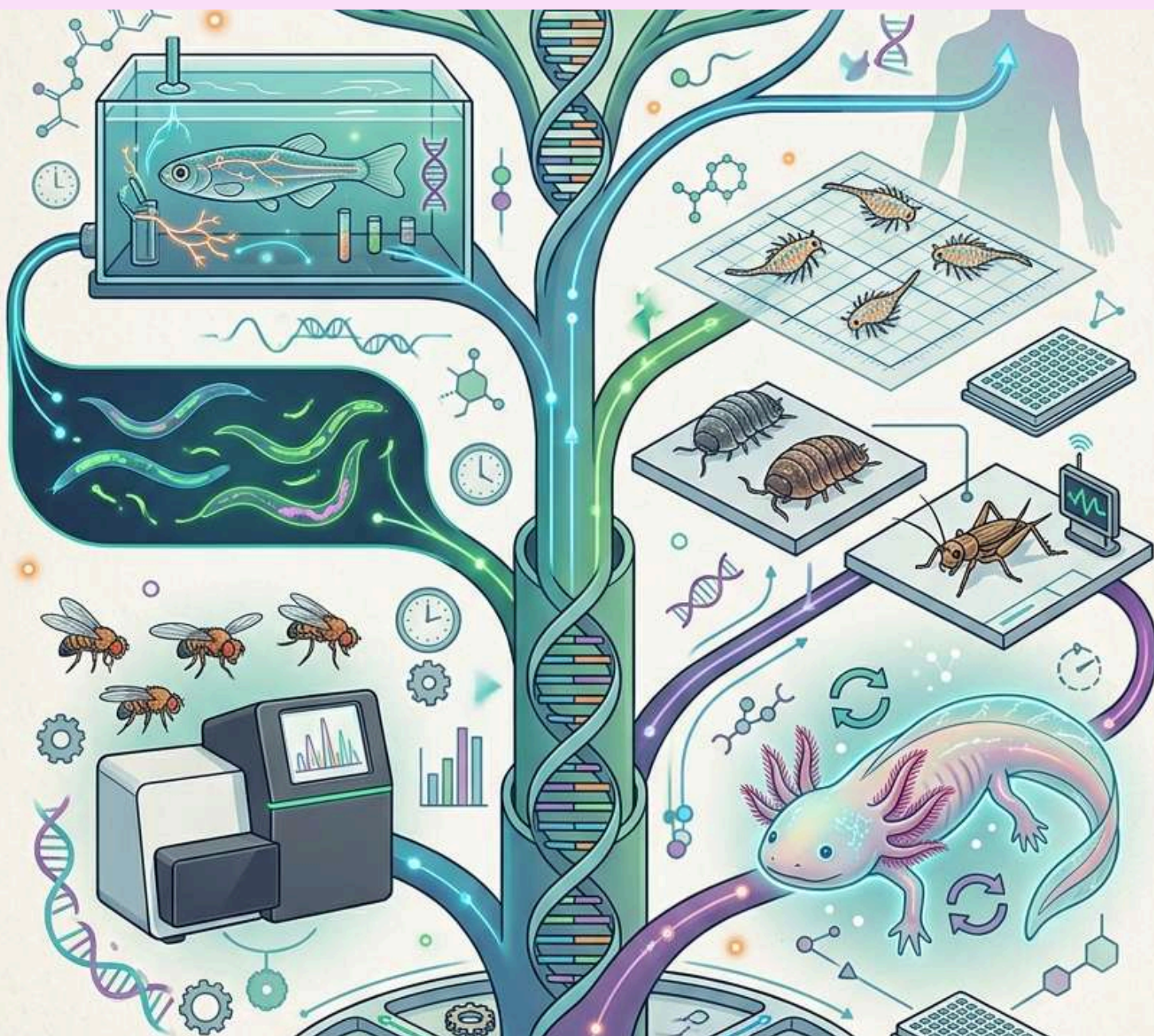
08. EL POTENCIAL INEXPLORADO DE LOS MODELOS NO MAMÍFEROS EN LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA

Cesar Osvaldo López Gutiérrez
M. en Ciencias Químicas con orientación
en Química de las Macromoléculas.
Estudiante del Doctorado en Ciencias en
Procesos Biotecnológicos, Departamento
de Ingeniería Química, Centro
Universitario de Ciencias Exactas e
Ingenierías, Universidad de Guadalajara.
cesar.lgutierrez@alumnos.udg.mx.
ORCID: 0009-0004-3377-7278.

Edgar Benjamín Figueroa-Ochoa.
Dr. en Ciencias en Ingeniería
Química. Profesor investigador
Titular. Laboratorio de Proyectos
Modulares, Departamento de
Química, Centro Universitario de
Ciencias Exactas e Ingenierías,
Universidad de Guadalajara.
benjamin.figueroa@academicos.udg.mx.
ORCID: 0000-0003-4590-2393.

Maite Rentería Urquiza, Dra. En
Ciencias Químicas con especialidad
en materiales y superficies.
Profesora Investigadora Titular.
Departamento de Química Centro
Universitario de Ciencias Exactas e
Ingenierías, Universidad de
Guadalajara.
maite.rurquiza@academicos.udg.mx.
ORCID: 0000-0002-4237-4196.

Juan Manuel Viveros Paredes*
Dr. en Ciencias Biomédicas con
orientación en Inmunología. Profesor
Investigador Titular. Departamento de
Farmacobiología, Centro Universitario
de Ciencias Exactas e Ingenierías,
Universidad de Guadalajara.
Autor de correspondencia: Juan Manuel
Viveros Paredes,
juan.viveros@academicos.udg.mx.
ORCID: 0000-0002-7532-5614.



RESUMEN

En el panorama actual de la investigación biomédica, la elección del modelo biológico a utilizar en los ensayos in vivo es crucial para la obtención de datos e información de importancia. Si bien las ratas y los ratones (murinos) han dominado históricamente como modelo de experimentación en todos los laboratorios del mundo, hoy en día existen modelos con organismos más simples (no mamíferos) idóneos para proporcionar información biológica significativa capaz de complementar algunos estudios hechos en mamíferos; ofreciendo nuevas perspectivas que aceleran el avance y descubrimiento del conocimiento en la detección de riesgos tóxicos y la evaluación de potenciales efectos adversos de cualquier medicina o sustancia. Un modelo experimental no mamífero se lleva a cabo en organismos vivos menos complejos evolutivamente que un mamífero, pero que mantiene las mismas funciones en sus órganos con respecto a los seres humanos. Los modelos no mamíferos más utilizados son: lombrices (*Caenorhabditis elegans*); camarones de salmuera (*Artemia salina*); Cochinilla (*Porcellio scaber*); grillos (*Gryllus bimaculatus*); mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*); Peces cebra (*Danio rerio*); y anfibios como el Axolotl (*Ambystoma mexicanum*). Estos modelos tienen ventajas a destacar como: ciclos de vida cortos, transparencia corporal juvenil, bajos costos de mantenimiento y además son fáciles de modificar genéticamente, demostrado que su uso puede acelerar el descubrimiento funcional de algunas enfermedades y favorecer la innovación dentro de la ciencia. Los estudios en modelos no mamíferos no son sustitutos de los modelos mamíferos, sino que funcionan como complementos valiosos dentro de una estrategia experimental más completa.

Cuando se piensa en experimentación biomédica con modelos animales, la mayoría de las personas piensa inmediatamente en un laboratorio con ratas o ratones (mamíferos) y no es casualidad, ya que durante décadas estos roedores han sido los favoritos para este tipo de investigaciones, sin embargo, existe un universo menos conocido de organismos que no son mamíferos y que están transformando la forma de hacer ciencia, ya que ofrecen nuevas perspectivas que aceleran el avance y descubrimiento del conocimiento (1). En términos simples, un modelo experimental es aquel que se lleva a cabo en seres vivos que presentan procesos biológicos semejantes a los humanos. Es como hacer una maqueta de un puente a escala, no es el puente real, pero permite ver cómo sería el diseño original.

¿Por qué mirar más allá de los ratones?

Los ratones son como el carro estándar de la ciencia: son útiles, probados y confiables, pero no siempre serán el vehículo ideal para todos los terrenos. En este caso, los modelos no mamíferos representan un carro que es más pequeño, más rápido y barato, lo que permite observar fenómenos biológicos en tiempo real y a gran escala.

Ejemplos de estos modelos pueden ser:

- La lombriz *C. elegans*, la cual tiene una piel transparente, permitiendo observar su funcionamiento neuronal a simple vista.
- El pez cebra (*D. rerio*) permite ver cómo se forman sus órganos, ya que su piel es transparente los primeros meses de su desarrollo.
- La mosca de la fruta (*D. melanogaster*) quien ha sido clave para entender cómo se heredan las enfermedades.



TRASLACIÓN: MOVIENDO CIENCIA

El uso de estos modelos puede atraer nuevas ideas en el campo de la investigación científica e inspirar a la innovación. Un ejemplo notable de esto es Martin Chalfie, ganador del premio Nobel en 2008, quien por casualidad conocía las ventajas de la lombriz *C. elegans*, lo que hizo posible utilizar proteínas verdes fluorescentes para visualizar sus estructuras internas claramente sin necesidad de sacrificar al invertebrado (1). Otras ventajas pueden ser: su amplitud o versatilidad biológica; más económicos; accesibles; eficientes; sensibles; y reproducibles (2,3).

Y entonces ¿Qué es un modelo experimental no mamífero?

Es aquel experimento que se lleva a cabo en organismos vivos menos complejos y que no presentan glándulas mamarias en su cuerpo, pero que sí conservan suficientes similitudes genéticas y funcionales con los seres humanos. Estos modelos son utilizados para el estudio de: la toxicidad de sustancias; alteraciones en el desarrollo; y efectos secundarios de los medicamentos (1,2,4).

Al realizar una búsqueda de los modelos no mamíferos más utilizados en los últimos 10 años se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Invertebrados:** lombrices 1,679 resultados (*Caenorhabditis elegans*); camarones de salmuera 88 resultados (*Artemia salina*); mosca de la fruta 2,050 resultados (*Drosophila melanogaster*); grillos 27 resultados (*Gryllus bimaculatus*); y cochinilla 8 resultados (*Porcellio scaber*).
- **Peces:** Pez cebra 3,833 resultados (*Danio rerio*); *Danionella cerebrum* 2 resultados y *Danionella translucida*; Pez Killi 21 resultados (*Nothobranchius furzeri*); y Medaka 159 resultados (*Oryzias latipes*).
- **Anfibios:** Axolotl 38 resultados (*Ambystoma mexicanum*); la rana africana de uñas 504 resultados (*Xenopus laevis*); y la rana de uñas occidental 60 resultados (*Xenopus tropicalis*).
- **Reptiles:** lagartos 13 resultados (*Anolis carolinensis*); serpientes gopher 2 resultados (*Pituophis catenifer*); tortugas 2 y 9 resultados (*Kinosternon scorpioides* y *Terrapene carolina carolina*); y Cocodrilianos 4 resultados (*Crocodylia*).
- **Aves:** Zebra finch 51 resultados (*Taeniopygia guttata*) (1,2,5)

Estos modelos son fáciles de modificar genéticamente y cuentan con un sistema inmune robusto con una amplia adaptabilidad y tolerancia, lo que permite un menor uso de animales mamíferos que generan controversias bioéticas (1,3–5). En la Figura 01 se muestran los modelos no mamíferos con mayor influencia en la investigación y algunos de sus usos dentro de la investigación biomédica.

Aunque los modelos no mamíferos tienen muchas ventajas estratégicas, también existen algunas limitaciones como: algunos procesos complejos de su inmunidad; su comportamiento en cautiverio; y la falta de estandarización entre laboratorios e investigadores (1,5).

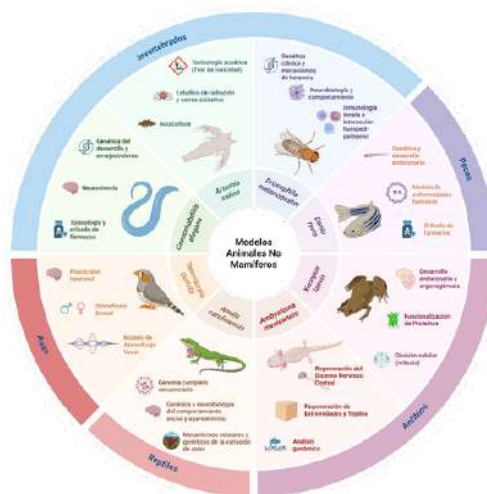


Figura 1. Modelos no mamíferos más utilizados en la investigación biomédica y su uso.

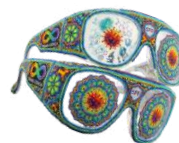


Conclusiones

Los modelos no mamíferos son esenciales para el desarrollo de la investigación científica y biomédica debido a su rápida reproducción, vida corta, transparencia, bajo costo, entre otros tantos beneficios, por tales motivos se les considera ideales para estudios de imagenología, toxicidad y pruebas en medicamentos. Gracias a estos modelos hoy somos capaces de entender cómo funcionan las neuronas (lombriz - *C. elegans* y mosca de la fruta - *D. melanogaster*), cómo se forman los órganos (Pez cebra - *D. rerio*) y qué tan tóxica es una sustancia (camarón de salmuera - *A. salina*). Aunque su potencial es enorme, el avance de dichos protocolos de investigación requieren estudios con mayor profundidad, una estandarización de las pruebas y un riguroso cumplimiento de los principios bioéticos. Por ende, los modelos no mamíferos no son sustitutos de los modelos mamíferos, sino que son complementarios. La elección del modelo experimental depende de la pregunta de investigación, por lo que la mejor elección será aquel organismo menos complejo con la capacidad necesaria para modelar y trasladar las enfermedades de interés.

Referencias

1. FHaynes EM, Ulland TK, Eliceiri KW. A Model of Discovery: The Role of Imaging Established and Emerging Non-mammalian Models in Neuroscience. Vol. 15, Frontiers in Molecular Neuroscience. Frontiers Media S.A.; 2022.
2. Pecoraro R, Scalisi EM, Messina G, Fragalà G, Ignoto S, Salvaggio A, et al. Artemia salina: A microcrustacean to assess engineered nanoparticles toxicity. Microsc Res Tech. 2021 Mar 1;84(3):531–6.
3. Lin Y, Lin C, Cao Y, Chen Y. Caenorhabditis elegans as an in vivo model for the identification of natural antioxidants with anti-aging actions. Vol. 167, Biomedicine and Pharmacotherapy. Elsevier Masson s.r.l.; 2023.
4. Adhish M, Manjubala I. Effectiveness of zebrafish models in understanding human diseases—A review of models. Vol. 9, Heliyon. Elsevier Ltd; 2023.
5. Silva LC de A, Denis EVC, Silva JSHG da, Pereira LMM, Morais ESG de, Soares AF. Reptiles as Experimental Models: Uncovering Their Role in Drug Development and Health Research. Adv Res. 2024 Nov 6;25(6):92–7.



09. DE JARDINES Y DESIERTOS AL LABORATORIO: PLANTAS QUE CREAN NANOMATERIALES

Diego Carlos Bouttier
Figueroa*
Doctor en
ciencias/Posdoctorante
Universidad de
Sonora/SECIHTI
diego.bouttier@unison.mx
ORCID: 0000-0002-5092-
0636

José Manuel Cortez
Valadez*
Doctor en ciencias
Universidad de
Sonora/SECIHTI
jose.cortez@unison.mx
ORCID: 0000-0003-
1323-2743

Luisa Alondra Rascón
Valenzuela
Doctora en ciencias
Universidad de
Sonora
luisa.rascon@unison.
mx
ORCID: 0000-0002-
6564-4283

Francisca Ofelia
Muñoz Osuna
Doctor en educación
Universidad de
Sonora
franciscaofelia.muno
z@unison.mx
ORCID: 0000-0002-
7250-0122





RESUMEN

¿Puede una planta de jardín o del desierto ayudar a crear materiales para el futuro? La ciencia actual empieza a descubrir que muchas de las plantas que observamos diariamente contienen compuestos capaces de participar en la formación de nanomateriales mediante procesos más amigables con el ambiente. Este artículo explora cómo los extractos vegetales pueden utilizarse en la llamada síntesis verde, una alternativa que busca reducir el uso de sustancias químicas agresivas y disminuir el consumo de energía durante la fabricación de materiales. A través de un lenguaje accesible, se explica qué son los nanomateriales y cómo algunos de ellos ya encuentran aplicaciones en recubrimientos antibacterianos, filtros para tratamiento de agua y sensores ambientales. Además, se destaca el valor de la biodiversidad mexicana, desde jardines urbanos hasta ecosistemas desérticos, como fuente de inspiración para el desarrollo de tecnologías sustentables. El artículo invita a reflexionar sobre la relación entre naturaleza, ciencia y sociedad, mostrando que la innovación puede surgir de la observación de lo cotidiano. Más allá de los laboratorios, las plantas se presentan como aliadas silenciosas en la búsqueda de soluciones con impacto ambiental y social positivo.

Caminar entre plantas puede ser una experiencia sencilla, casi automática. Jardines bien cuidados, áreas verdes de un fraccionamiento o incluso la vegetación resistente del desierto suelen pasar desapercibidas en la rutina diaria. En regiones del norte de México, muchas de estas plantas forman parte de la vida cotidiana. Es común encontrar especies ornamentales en jardines urbanos y plantas adaptadas al clima árido en zonas desérticas. Algunas de ellas, como la sábila, nopal, mezquite, palo verde y otras plantas resistentes al calor. Sin embargo, basta detenerse un momento para que surja una pregunta distinta: ¿y si estas plantas fueran algo más que paisaje?, ¿y si también pudieran ayudarnos a construir un futuro más sustentable?

La ciencia ha comenzado a mirar las plantas con otros ojos. Actualmente, investigadores de distintas áreas estudian compuestos naturales presentes en hojas, flores y tallos por su posible participación en procesos de síntesis verde de nanomateriales. Así, las plantas ya no solo se consideran fuente de alimento, medicina o sombra, sino también aliadas en la creación de nuevos materiales. Materiales tan pequeños que no se pueden ver a simple vista, pero con un enorme potencial para la salud, ambiente y tecnología(1).

Materiales pequeños con grandes funciones

Cuando se habla de nanomateriales, se hace referencia a materiales extremadamente pequeños, miles de veces más delgados que un cabello humano. Para imaginar esta escala, podría decirse que, si un cabello fuera tan ancho como una carretera, una nanopartícula sería comparable al tamaño de una pequeña moneda colocada sobre ella. A ese tamaño, la materia se comporta de formas especiales: puede ser más reactiva, más resistente o adquirir propiedades que no tiene en su forma convencional.

Estos materiales ya se usan, por ejemplo, algunos recubrimientos con nanomateriales pueden ayudar a disminuir el crecimiento de bacterias en vendajes o superficies médicas, mientras que ciertos filtros desarrollados con estas tecnologías buscan mejorar la eliminación de contaminantes en el agua. Estas aplicaciones muestran cómo materiales tan pequeños pueden generar beneficios directos en la salud y el ambiente. Aquí es donde las plantas entran en escena(2).





Laboratorio natural

Algunas plantas producen de manera natural compuestos capaces de interactuar con metales. Aprovechando esta característica, investigadores han desarrollado métodos en los que los extractos vegetales se utilizan para ayudar a formar nanomateriales de manera más sencilla y limpia. En lugar de recurrir a procesos complejos, se utilizan hojas, tallos o flores que, al mezclarse con ciertos compuestos, forman el material deseado. Las plantas actúan como pequeñas fábricas naturales: ayudan a transformar la materia sin necesidad de condiciones extremas(3).

Este enfoque se conoce como síntesis verde y su objetivo es reducir el impacto ambiental del proceso sin sacrificar funcionalidad. Es un ejemplo claro de cómo la ciencia puede aprender de la naturaleza en lugar de intentar dominarla.

Alternativa sustentable

El uso de plantas para crear nanomateriales ofrece distintas ventajas desde el punto de vista ambiental y tecnológico. Estas ventajas se encuentran en varios aspectos de la producción científica, los extractos vegetales permiten reducir el uso de sustancias químicas agresivas y disminuir el consumo de energía al evitar temperaturas o presiones extremas. Además, este enfoque aprovecha recursos renovables, como plantas locales o subproductos vegetales, y genera menos residuos, favoreciendo principios relacionados con la economía circular. En comparación con algunos métodos tradicionales, estos procesos también pueden requerir menor infraestructura especializada y menores costos energéticos, facilitando que más centros de investigación participen en el desarrollo de tecnologías sustentables(4).



Jardines, desiertos y ciencia en México

México es un país con una enorme diversidad vegetal. En los jardines urbanos pueden encontrarse plantas ornamentales con variedad de compuestos naturales, mientras que en ecosistemas desérticos sobreviven especies capaces de resistir altas temperaturas y escasez de agua. Estas características han despertado interés científico, ya que plantas representativas de México como el nopal, mezquite, gobernadora y algunos agaves contienen compuestos naturales que podrían participar en procesos de síntesis verde de nanomateriales. Así, especies que durante años han formado parte del paisaje desértico, la medicina tradicional o la vida cotidiana comienzan también a encontrar un lugar dentro de la investigación científica y el desarrollo tecnológico sustentable.

Explorar plantas locales no solo fortalece la investigación científica, sino que también promueve una ciencia conectada con el territorio, con identidad y con responsabilidad social. Es una forma de demostrar que la innovación no siempre llega de lugares lejanos, sino que puede surgir de observar con atención lo que crece a nuestro alrededor. La figura 1 muestra de manera simplificada cómo algunas plantas pueden utilizarse para obtener extractos vegetales capaces de participar en la formación de nanomateriales mediante procesos más amigables con el ambiente. Además, resume algunas ventajas de esta estrategia, como la reducción de sustancias tóxicas, el menor consumo energético y sus posibles aplicaciones en salud, tecnología y cuidado ambiental.



TRASLACIÓN: MOVIENDO CIENCIA



Figura 1. Proceso en el que extractos de plantas se utilizan para la formación de nanomateriales mediante métodos más sustentables. Imagen generada usando IA

Conclusiones e imaginar el futuro

La próxima vez que camines entre plantas y sientas curiosidad por llevarte una hoja o una flor, recuerda que esa curiosidad es el primer paso de la ciencia. Hoy, muchas investigaciones comienzan así: con una observación cotidiana que se transforma en una pregunta y eventualmente, en una solución. Las plantas no solo decoran jardines ni sobreviven en el desierto. También inspiran nuevas formas de crear, producir y cuidar. Tal vez la próxima gran solución científica no se encuentre únicamente en laboratorios sofisticados, sino también en organismos que observamos todos los días. ¿Qué otras respuestas podría ofrecer la naturaleza si aprendiéramos a observarla con mayor atención?

Referencias

1. Guo X, Li F, Wang B, Liu F. Plant-based nanomaterials for sustainable applications in food, medicine, and environmental remediation: a review. *Int J Biol Macromol*. 2025;332:148605. doi:10.1016/j.ijbiomac.2025.148605
2. Gu Z, Guo Y, Mao X, Qi M, Ge B. Green synthesis of nanomaterials mediated by herbal medicine: mechanism, characterization, and application prospects. *Nat Prod Commun*. 2025;20(8):1-17. doi:10.1177/1934578X251365007
3. Shah ST, Sari IP, Yanto DHY, Chowdhury ZZ, Bashir MN, Badruddin IA, Hussien M, Lee JS. Nature's nanofactories: biogenic synthesis of metal nanoparticles for sustainable technologies. *Green Chem Lett Rev*. 2025;18(1):1-42. doi:10.1080/17518253.2024.2448171
4. Gunasena MDKM, Galpaya GDCP, Abeygunawardena CJ, Induranga DKA, Priyadarshana HVV, Millavathanachchi SS, Bandara PKGSS, Koswattage KR. Advancements in bio-nanotechnology: green synthesis and emerging applications of bio-nanoparticles. *Nanomaterials*. 2025;15(7):528. doi:10.3390/nano15070528.



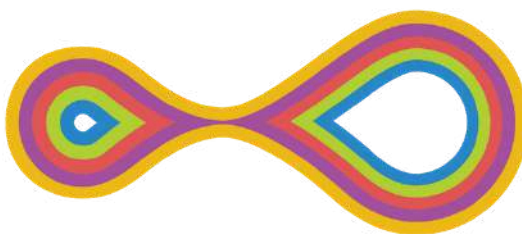
UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
Red Universitaria e Institución Benemérita de Jalisco

CUCEI
CENTRO UNIVERSITARIO DE
CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS

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



CIATEJ



Traslación: *moviendo ciencia*



100
— años —
de pensar y trabajar