



Traslación: moviendo ciencia

# CÉLULAS "ZOMBIS" EN EL CÁNCER: ¿FRENO PROTECTOR O ACELERADOR TUMORAL?

Edgar Ruiz Velasco Niño  
Médico especialista en  
Hematología, Doctorante  
en ciencias del programa  
de Bioquímica molecular y  
traslacional.  
Universidad de Guadalajara  
edgar.ruizvelasco9727@alumnos.  
udg.mx  
ORCID: 0009-0002-3185-0481.

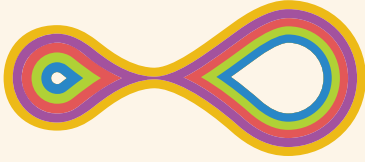
Alejandra Meza Ríos  
Doctora en ciencias,  
actualmente profesor  
adjunto del departamento de  
farmacobiología en el centro  
universitario de ciencias exactas  
e ingenierías.  
Universidad de Guadalajara  
alejandra.mezarios@academicos.  
udg.mx

Montserrat Álvarez Zavala\*  
Doctora en ciencias  
(inmunología), actualmente  
profesor adjunto del  
departamento de clínicas  
médicas en el centro universitario  
de ciencias exactas e ingenierías.  
Universidad de Guadalajara  
montserrat.zavala@academicos.  
udg.mx  
ORCID: 0000-0003-0242-239X

**MÁS ALLÁ DEL MITO:**  
LAS SEMILLAS DE PAPAVER  
SOMNIFERUM L. Y SU  
POTENCIAL EN LA CIENCIA  
VERDE.

**APRENDIZAJE AUTOMÁTICO  
PARA PREDECIR DIABETES:**  
UNA NUEVA HERRAMIENTA  
DE PREVENCIÓN.

**EL MISTERIO DE LOS  
RIBOSOMAS REBELDES  
Y EL LADO OCULTO DE LA  
ANEMIA DE DIAMOND-  
BLACKFAN.**



**Traslación: moviendo ciencia**



**UNIVERSIDAD DE  
GUADALAJARA**  
Real Universitaria e Institución Benemérita de Jalisco

**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**

Dr. Jaime Federico Andrade Villanueva

**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

**Secretaria Administrativa**

Mtra. Dulce Angélica Valdivia Chávez

**Secretario Académico**

Mtro. Eduardo Mendez Palos

**Consejo Directivo:**

**Miembros:**

Coordinación de Investigación CUCEI

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. Maria Esther Macías Rodriguez

Dra. Jessica Badillo Camacho

Dr. Santiago José Guevara Martínez

Dra. Claudia Elena Gonzáles Sandoval

Dr. Fermín Paul Pacheco Moisés

**Equipo de Diseño y Edición**

Koutye Comunicación

Dra. Margarita Cid Hernández

Dra. Alejandra Meza Ríos

Alexa Michelle Rodríguez Lara

Abril Melchor González

Revista de divulgación Científica, "Traslación: moviendo ciencia" Volumen 1, No. 5, Diciembre 2025 - Febrero 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. 27678, rtraslacion.udg.mx, rtraslacion@cucei.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 este 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. 27678 México, Margarita Cid Hernández, Alejandra Meza Ríos y Ariana Villanueva De Loza. Fecha de la última modificación: 15 de diciembre de 2025. **Tamaño del archivo 1840 KB.**

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

# CONTENIDOS

04 ENTREVISTA CON EL DR. MARCO ANTONIO PÉREZ CISNEROS

07 GUÍA PRÁCTICA SOBRE EL CÁNCER DE MAMA (PARTE 2: TRATAMIENTO)

12 MÁS ALLÁ DEL MITO: LAS SEMILLAS DE PAPAVER SOMNIFERUM L. Y SU POTENCIAL EN LA CIENCIA VERDE.

17 SEMILLAS DE AMAPOLA: MÁS ALLÁ DEL MITO, UN POTENCIAL ANTIOXIDANTE, ANTIINFLAMATORIO Y FUNCIONAL.

21 APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA PREDECIR DIABETES: UNA NUEVA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN.

25 LA CIENCIA DETRÁS DE LAS ARCILLAS SINTÉTICAS ECOLÓGICAS.

29 EL MISTERIO DE LOS RIBOSOMAS REBELDES Y EL LADO OCULTO DE LA ANEMIA DE DIAMOND-BLACKFAN.

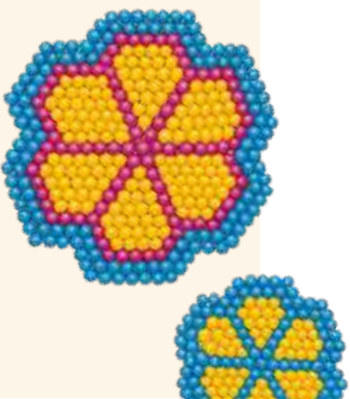
34 NANOPARTÍCULAS: NUEVOS ENFOQUES DE TRATAMIENTO PARA ENFERMEDADES DEGENERATIVAS.

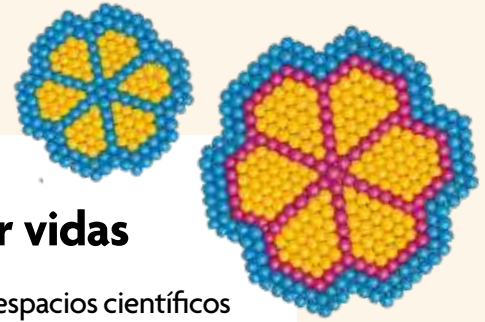
39 TECNOLOGÍAS 4.0 PARA EL CONTROL DE PLAGAS: DE LA INNOVACIÓN EN LABORATORIO A LA SOSTENIBILIDAD EN EL CAMPO.

47 RABIA: UN VIRUS MORTAL PERO PREVENIBLE.

52 ¿ES SEGURO COCINAR EN OLLAS DE BARRO? ANÁLISIS DE METALES EN ARTESANÍA MEXICANA

57 CÉLULAS "ZOMBIS" EN EL CÁNCER: ¿FRENO PROTECTOR O ACELERADOR TUMORAL?





## Trasladar la ciencia para transformar vidas

La ciencia toma relevancia y valor cuando trasciende más allá de los espacios científicos y académicos en donde se genera y se convierte en una herramienta para comprender, transformar y mejorar el entorno. Este nuevo número de la revista *Traslación: moviendo ciencia (Moviendo Ciencia)* reúne trabajos que reflejan precisamente ese tránsito: el movimiento constante del conocimiento desde la investigación académica hacia la formación y la práctica profesional interrelacionada con su entorno social.

Las contribuciones que integran esta edición nos permiten mostrar cómo la ciencia es un proceso dinámico que se construye de forma colectiva. A través de distintas miradas —las ciencias biomédicas, la innovación y la educación, que se articulan en conjunto— los artículos evidencian la importancia de conectar el rigor científico con problemáticas reales y contextos específicos.

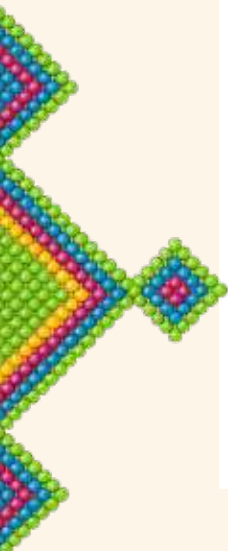
En nuestra revista, el eje central es la *ciencia traslacional* (entendida no solo como un concepto técnico, sino como una forma de pensar y actuar): investigar con propósito, formar con sentido crítico y comunicar el conocimiento de manera clara y responsable. En este sentido, la *divulgación científica* se presenta como un puente indispensable entre quienes generan conocimiento y quienes pueden beneficiarse de él, fortaleciendo así una cultura científica más cercana y participativa.

Asimismo, esta edición destaca el papel fundamental de la formación de recursos humanos. Detrás de cada estudio, análisis o reflexión, se encuentran estudiantes, docentes e investigadores en proceso de aprendizaje continuo, reafirmando que la ciencia también se construye a partir de la educación, la colaboración y el compromiso institucional.

Desde la Universidad de Guadalajara, este número reafirma el compromiso de la universidad pública con una ciencia socialmente responsable, vinculada a su entorno y orientada a generar impacto más allá del ámbito académico. *Moviendo Ciencia* invita a reconocer que el conocimiento cobra mayor significado cuando se comparte, se discute y se aplica.

Esperamos que las y los lectores encuentren en estas páginas no solo información, sino también inspiración para seguir cuestionando, aprendiendo y participando activamente en la construcción de una ciencia que se mueve, dialoga y transforma.

**Dra. Adelaida Sara Minia Zepeda Morales**





## DR. MARCO ANTONIO PÉREZ CISNEROS

Una conversación sobre vocación, tecnología, educación y humanidad

---

*“ Cuando la ciencia se traduce en educación, tecnología y humanidad, su impacto trasciende el aula y transforma vidas ”*

---

Entrevista realizada por: Alexa Michelle Rodríguez Lara



Desde el Marco de la Feria del Libro edición no. 39, el doctor Marco Pérez habla con la calma de quien ha dedicado su vida a la ciencia, pero también con la convicción de quien entiende que el conocimiento solo cobra sentido cuando se traduce en bienestar social. Rector, investigador y formador de generaciones de ingenieros, Pérez reflexiona sobre su vocación, los desafíos de la educación científica en México y el papel humano que hoy debe asumir la universidad.

El interés del doctor Marco Pérez por la ciencia y la tecnología se gestó desde muy temprano. Su padre, telegrafista de oficio, pasaba gran parte de su vida reparando postes eléctricos en condiciones extremas. De esas historias de riesgo, ingenio y electricidad nació la curiosidad que marcaría su destino.

“Mi padre siempre me decía que, si tenía la oportunidad, debía ir a la universidad. Él no pudo hacerlo, pero aun así construyó una carrera admirable. Desde la preparatoria supe que quería ser ingeniero electrónico”, recuerda. Aquellas lecciones prácticas y ese impulso familiar sembraron una vocación que hoy se traduce en décadas de docencia, investigación y liderazgo académico.

Después de años de trayectoria, su principal motivación sigue siendo la misma: la formación humana. Para el doctor Pérez, la universidad no solo debe generar conocimiento, sino también ciudadanos comprometidos con su entorno.

“Me preocupa ver una sociedad que a veces se olvida de los demás. Creo que la educación es el mecanismo más poderoso para formar mejores seres humanos”, afirma. Por ello, prepara cada clase como si fuera la primera, actualiza contenidos semestre a semestre e integra nuevos temas con el apoyo de expertos. “Ese es el verdadero rol del profesor universitario: nunca dejar de aprender y mejorar”.

Entre las múltiples historias que ha vivido como docente, hay una que marcó profundamente su perspectiva. Hace un par de años, dos exalumnos lo visitaron para agradecerle. Hoy son empresarios exitosos en Estados Unidos, pero uno de ellos le confesó que, siendo estudiante, atravesaba una crisis tan profunda que había considerado quitarse la vida.

Un comentario del profesor —reconociendo su talento y alentándolo a seguir estudiando— fue suficiente para cambiar el rumbo. “Ese día entendí que no solo enseñamos ciencia; también podemos influir en la vida de las personas”, relata. La anécdota se convirtió en un recordatorio permanente de la importancia de la salud mental y del impacto que puede tener una palabra a tiempo.

Hablar con el doctor Pérez es adentrarse también en el mundo de la robótica, la inteligencia artificial y los sistemas inteligentes. Explica que el gran salto tecnológico de las últimas décadas se debe al avance



en la capacidad de cómputo y al desarrollo de redes neuronales profundas.

“Hoy tenemos en la palma de la mano una capacidad que antes era impensable. Eso ha permitido sistemas que se aproximan al razonamiento humano y aplicaciones que ya forman parte de nuestra vida cotidiana”, señala. En robótica, este avance abre la puerta a sistemas cada vez más autónomos y complejos, impulsados por el control inteligente.

Bajo la filosofía de la traslación científica —llevar el conocimiento del laboratorio a la sociedad—, el doctor Pérez enfatiza la enorme responsabilidad social del quehacer científico. Considera que la investigación no debe quedarse solo en publicaciones especializadas, sino convertirse en soluciones tangibles.

“Cuando la ciencia genera bienestar, la sociedad la valora y la apoya. Ese es el cambio que estamos viviendo, sobre todo con las nuevas generaciones de investigadores, que ya entienden el vínculo entre conocimiento, emprendimiento y valor social”.

En su visión de futuro, el CUCEI debe consolidarse como un motor de innovación y desarrollo tecnológico. Para ello, insiste en que todos los científicos e ingenieros —desde físicos hasta biomédicos— deben asumir su papel como solucionadores de problemas.

“Las ideas pueden venir de muchos lados, pero quienes las hacen realidad son los ingenieros. Es un trabajo de disciplina, constancia y, sobre todo, persistencia”, subraya. Frente a quienes cuestionan la necesidad de una

formación sólida en matemáticas, física y química, el doctor Pérez es claro: los fundamentos siguen siendo indispensables. A ellos se suma la capacidad de aprender de forma autónoma, trabajar de manera multidisciplinaria y mantener una mente abierta a nuevas soluciones.

“Los problemas actuales requieren colaboración entre áreas. Hoy más que nunca necesitamos ciencia, pero también diálogo humano”, afirma, recordando que la tecnología solo cobra sentido cuando se pone al servicio de las personas.

A los estudiantes que hoy enfrentan incertidumbre sobre su futuro, el mensaje es directo: no tengan miedo. “Todo es posible si hay trabajo, dedicación y visión a largo plazo. Vivimos en una época con herramientas que antes no existían. Aprovechen esa ventaja”.

Reconoce que la inmediatez de los medios digitales puede generar ansiedad, pero insiste en que las soluciones que realmente valen la pena requieren tiempo y constancia.

¿Qué lo impulsa a seguir? La respuesta es simple: la confianza de la comunidad. “Cuando los estudiantes se acercan, proponen mejoras o señalan problemas, siento que confían en mí. Esa es la mayor motivación”.

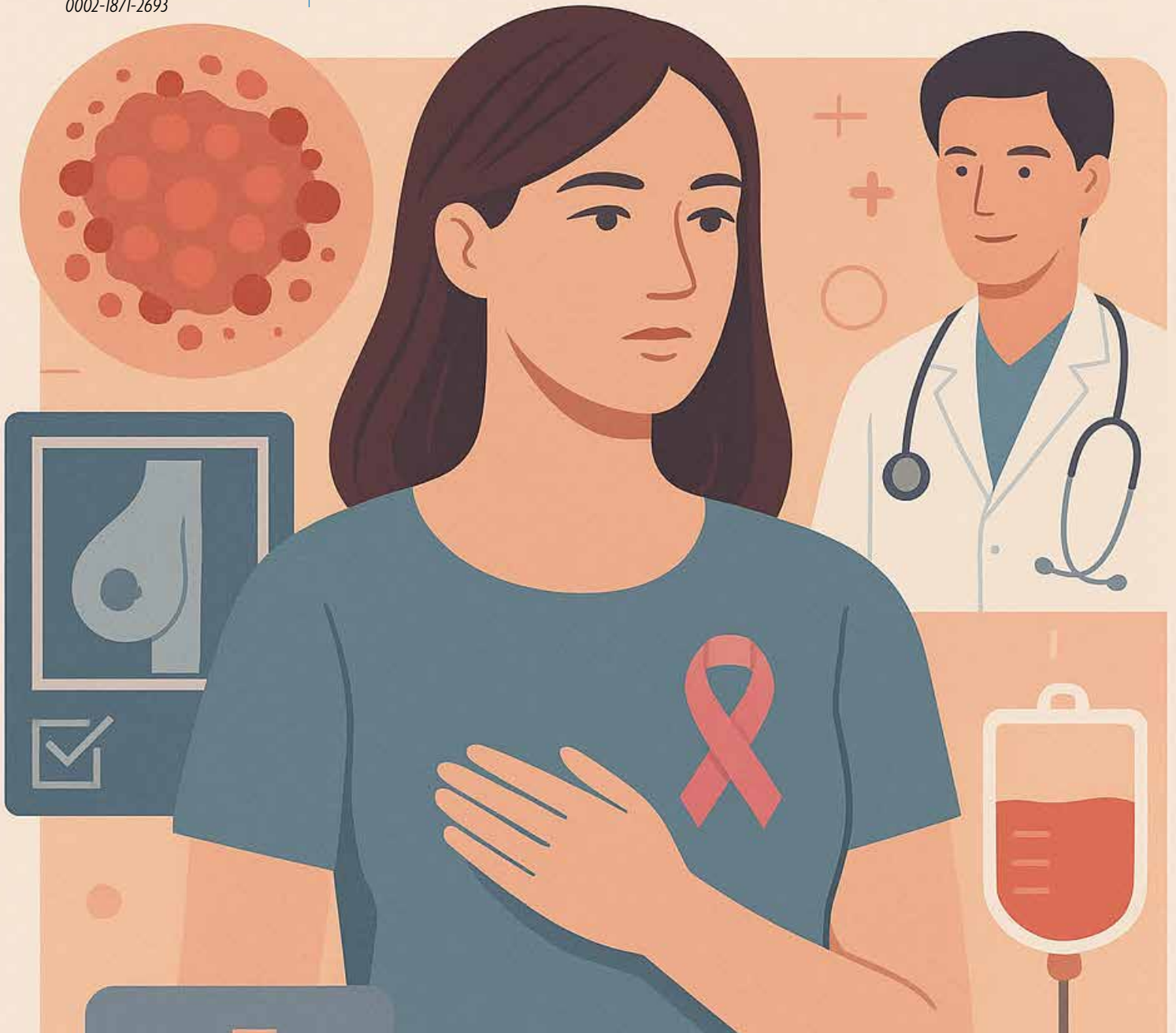
Para el doctor Marco Pérez, la ciencia, la educación y la gestión universitaria comparten un mismo objetivo: crear espacios donde el conocimiento se traduzca en oportunidades, bienestar y humanidad. Porque, al final, trasladar la ciencia también es transformar vidas.

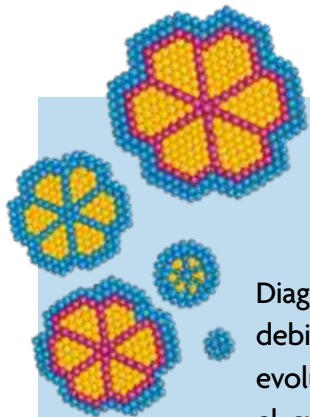


# 02. GUÍA PRÁCTICA SOBRE EL CÁNCER DE MAMA (PARTE 2: TRATAMIENTO)

D. en C. Katia Carolina Vázquez Ibarra  
Universidad de Guadalajara  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1871-2693>

D. en C. Luis Arturo Palafox Mariscal  
Investigador, UDG y CIBO





## RESUMEN

Diagnosticar el cáncer de mama en etapas tempranas es muy importante debido a que la efectividad de los tratamientos disminuye conforme el cáncer evoluciona, cada etapa del tumor requiere un enfoque terapéutico distinto el cual es recomendado por los médicos oncólogos, es muy importante que siga con atención las indicaciones, acuda a sus citas y realice la terapia recomendada, a continuación, se describen los probables tratamientos que se recomiendan para combatir cada etapa del tumor.

## ¿CUÁLES SON LOS TRATAMIENTOS DEL CÁNCER DE MAMA SEGÚN SU ETAPA?

El tratamiento depende de la etapa del tumor, estas se dividen en 5 (0, I, II, III y IV) en la etapa 0 el tumor está en una fase inicial y es muy pequeño (pocos milímetros), en la etapa I el tumor se encuentra localizado (mide menos de 20 mm), en la etapa II el tumor es más grande (mide de 20 a 50 mm y puede o no presentar metástasis a uno o más ganglios en la axila), en la etapa III el tumor ha generado metástasis en varios ganglios linfáticos y en los tejidos cercanos de la mama, puede ser notorio en la mama o en el tórax al generar daños en la piel, en la etapa IV el tumor se ha esparcido a órganos distantes como pulmón, huesos, hígado, entre otros. A continuación, se muestran los tratamientos más comunes según la etapa de cáncer de mama <sup>[1,2]</sup> [Figura 1].

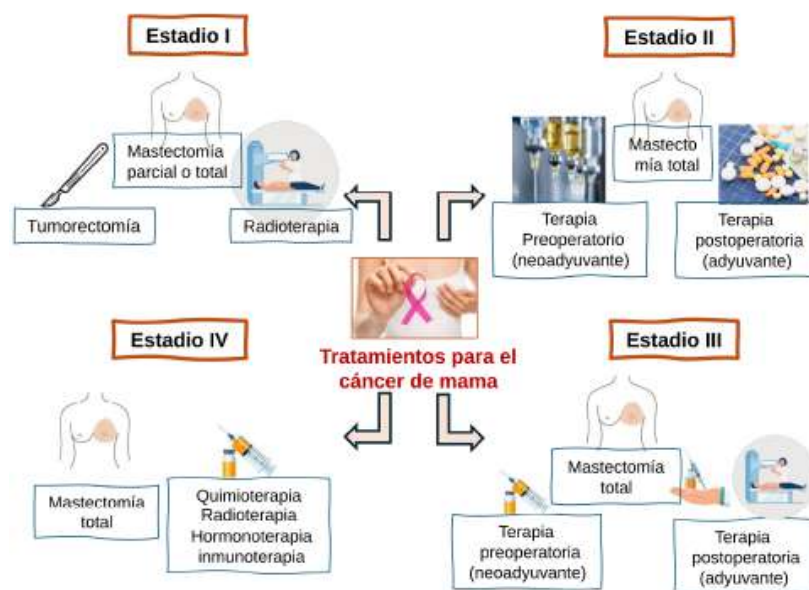


Figura 1. Tratamientos del cáncer de mama según su etapa.



### Tratamientos para etapa 0

La terapia para esta etapa es la cirugía conservadora, también llamada mastectomía parcial, en la cual solo se extrae el tumor [1].

### Tratamiento para la etapa I

Los tratamientos son la cirugía conservadora, seguido de radioterapia local si así el médico lo recomienda, para disminuir la probabilidad de que queden células tumorales, otra opción de tratamiento es la mastectomía radical más biopsia de ganglio periférico, en esta cirugía se retira la mama y los ganglios más cercanos al tumor, así como ganglios axilares para analizarlos y determinar si no hay células tumorales en ellos, posteriormente se realiza radioterapia. [1,3].

### Tratamiento para la etapa II

En esta etapa se recomienda la terapia neoadyuvante, la cual es administrar quimioterapia (medicamentos como docetaxel, paclitaxel, doxorubicina, entre otros), hormonoterapia (si es cáncer tipo luminal) o terapia con anticuerpos como trastuzumab (si es cáncer tipo HER2 positivo), para reducir el tamaño del tumor para después realizar cirugía y retirar la mama,

posteriormente se puede seguir administrando quimioterapia y radioterapia si se requiere [1,3].

### Tratamiento para la etapa III

En esta etapa el tratamiento neoadyuvante es muy importante porque además de disminuir el tamaño del tumor, también elimina las células cancerosas que comienzan a invadir tejidos cercanos de la mama, después se realiza mastectomía radical (cirugía total de la mama) y se continúa con quimioterapia y radioterapia hasta reducir, paso a paso, el tumor hasta eliminarlo [1,3].

### Tratamiento para la etapa IV

La etapa IV es la más difícil para controlar el cáncer, la terapia es la cirugía de la mama seguida de quimioterapia con fármacos que disminuyen la cantidad de células tumorales en los órganos invadidos. Existen distintos enfoques de quimioterapia según el tipo de cáncer de mama del cual se trate [ver “Guía práctica sobre el cáncer de mama (parte 1)”] entre ellos está la terapia hormonal con fármacos como: letrozol, tamoxifeno, entre otros, la terapia a base de anticuerpos con fármacos como pembrolizumab [1,3,4].



## ¿QUÉ EFECTOS SECUNDARIOS SE TIENE CON LA QUIMIOTERAPIA?



No todas las pacientes con cáncer de mama que reciben quimioterapia sufren los mismos efectos secundarios, sin embargo, los síntomas más comunes pueden ser: cansancio extremo, moretones, caída del cabello, náuseas y vómitos, estreñimiento o diarrea, cambios de peso y de humor, entre otros [5].

## ¿CÓMO SE MIDE LA MEJORÍA Y/O RECAÍDA?, ¿QUÉ CUIDADOS SE DEBEN TENER ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO?

Después de terminar el tratamiento para el cáncer de mama, es fundamental mantener un seguimiento médico constante para detectar cualquier posible recaída a tiempo y asegurar que todo va bien [6].

Recuerda, el cuidado no termina con el tratamiento. Seguir estas recomendaciones le ayudará a recuperar el bienestar físico y emocional [6].

- **Consultas de seguimiento:** Al inicio, las visitas médicas son más frecuentes, pero con el tiempo, y si no hay señales de la enfermedad, se irán espaciando.
- **Estudios necesarios:**
  - ◊ Mamografías regulares, especialmente si se realizó una cirugía para conservar el seno.
  - ◊ Exámenes pélvicos anuales.
  - ◊ Pruebas de densidad ósea.
  - ◊ Otros estudios como análisis de sangre o tomografías, según lo indique el médico.

### Cuidados después del tratamiento:

Otros aspectos importantes para la recuperación y mantenimiento de una buena calidad de vida son:

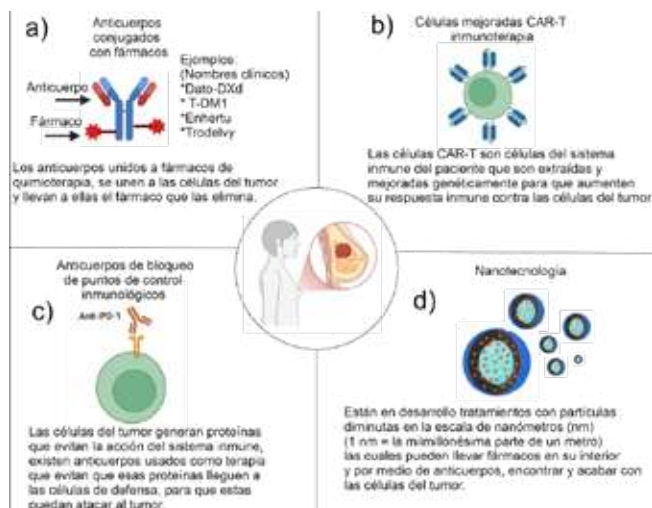
- Cuidado del bienestar emocional: Mantener una actitud positiva
- Adoptar hábitos saludables:
  - ◊ Alimentación balanceada.
  - ◊ Ejercicio regular.
  - ◊ Dormir lo suficiente y manejar el estrés.



## ¿CUÁLES SON LOS NUEVOS TRATAMIENTOS QUE ESTÁN EN DESARROLLO PARA EL CÁNCER DE MAMA?

Actualmente están en desarrollo nuevos tratamientos para el cáncer de mama, los cuales presentan en muchos de los casos prometedores resultados en fases de prueba, la siguiente figura muestra algunas de las terapias en desarrollo más prometedoras hasta el momento [Figura 2].

Estas nuevas estrategias terapéuticas están siendo evaluadas cuidadosamente para garantizar una respuesta superior a las terapias actuales. Además, de que sean seguras para las pacientes, en un futuro cercano muchas de estas opciones estarán disponibles para su uso contra el cáncer de mama.



**Figura 2.** Nuevos tratamientos en desarrollo para el cáncer de mama<sup>[7,8]</sup>. a) Anticuerpos conjugados con fármacos, b) Células CAR-T, c) Anticuerpos de bloqueo de puntos de control inmunológicos, d) Terapias con nanotecnología.

### CONCLUSIÓN

El tratamiento del cáncer de mama junto con la detección temprana, son los factores más importantes en la lucha contra esta enfermedad. Cada tratamiento varía según la etapa del cáncer detectada, cirugía (removiendo solo el tumor) para etapas iniciales y quimioterapia o terapias avanzadas en casos más graves, mientras que con metástasis (etapa IV), se aplican terapias sistémicas buscando controlar la enfermedad. Actualmente, se están desarrollando y evaluando nuevas terapias que prometen ser más seguras y eficaces que las opciones disponibles en la actualidad. Estas innovaciones ofrecen la posibilidad de obtener mejores resultados en el tratamiento de la enfermedad y estarán disponibles en un futuro cercano. Sin embargo, los buenos hábitos, el cuidado personal y la autoexploración continuarán siendo pilares fundamentales en la prevención de esta y muchas otras enfermedades.

### Referencias Bibliográficas

1. National Institutes of Health (NIH). Breast Cancer Treatment (PDQ®)—Health Professional Version: An official website of the United States government; última actualización 25 de abril 2025. [Internet]. [Consultado 18 Dic 2024]. <https://www.cancer.gov/types/breast/hp/breast-treatment-pdq>
2. Harbeck, N., Penault-Llorca, F., Cortes, J. et al. Nat Rev Dis Primers. 2019; 5, 66. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0111-2>.
3. Gradishar, W.J., et al. Breast Cancer, Version 3.2024, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. 2024; 22(5), 331-357. doi:10.6004/jnccn.2024.0035.
4. American Cancer Society (ACS). Treatment of stage IV (metastatic) breast cancer: United States; última actualización 28 nov 2023. [Internet]. [Consultado 02 agosto 2025]. <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-seno/tratamiento/tratamiento-del-cancer-del-seno-segun-su-etapa/tratamiento-del-cancer-de-seno-en-etapa-iv-avanzado.html>
5. American Cancer Society (ACS). Side effects of chemotherapy: United States; última actualización 22 nov 2019. [Internet]. [Consultado 02 agosto 2025]. <https://www.cancer.org/es/cancer/como-sobrellevar-el-cancer/tipos-de-tratamiento/quimioterapia/efectos-secundarios-de-la-quimioterapia.html>
6. American Cancer Society (ACS). Follow-up after breast cancer treatment: United States; última actualización 05 ene 2022. [Internet]. [Consultado 02 agosto 2025]. <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-seno/la-vida-como-una-sobreviviente-de-cancer-de-seno/seguimiento-despues-del-tratamiento-del-cancer-de-seno.html>
7. Ye, F., Dewanjee, S., Li, Y. et al. Advancements in clinical aspects of targeted therapy and immunotherapy in breast cancer. Mol Cancer 22, 105 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12943-023-01805-y> <https://molecular-cancer.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12943-023-01805-y#citeas>
8. Yang Fan , He Qingjie , Dai Xiangpeng , Zhang Xiaoling , Song Dong. The potential role of nanomedicine in the treatment of breast cancer to overcome the obstacles of current therapies. Frontiers in Pharmacology, 14 (2023) DOI=10.3389/fphar.2023.1143102 <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2023.1143102>



# 03. MÁS ALLÁ DEL MITO: LAS SEMILLAS DE PAPAVER SOMNIFERUM L. Y SU POTENCIAL EN LA CIENCIA VERDE.

Marco Antonio Manzo Godoy  
Estudiante de Maestría en  
Ciencias en Química, CUCEI,  
UDG  
marco.manzo2920@alumnos.  
udg.mx  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9900-7486>

Danna Sealthiel Romero López  
Estudiante de Licenciatura en  
Química, CUCEI, UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2120-6756>

Ana Belén Amador Águila  
Estudiante de Licenciatura en  
Química, CUCEI, UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8064-3742>

Sandra Fabiola Velasco Ramírez  
Profesora e investigadora, CUCEI,  
UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7054-1465>





## RESUMEN

Cuando pensamos en la amapola (*Papaver somniferum L.*), es común que nuestra mente asocie esta planta con sustancias ilegales. Sin embargo, sus semillas no contienen opio, y recientes investigaciones han demostrado que pueden tener propiedades benéficas para la salud humana y la tecnología verde. Estos descubrimientos resaltan la importancia de redescubrir esta especie vegetal por sus notables propiedades nutricionales, antioxidantes y tecnológicas. Estudios han demostrado que sus semillas, lejos de ser un riesgo, representan una oportunidad para desarrollar productos naturales, como nanopartículas de plata con propiedades antimicrobianas, mediante métodos amigables con el ambiente. Además, sus extractos contienen compuestos fenólicos y flavonoides que podrían emplearse en alimentos funcionales o en productos cosméticos y farmacéuticos. En este artículo presentamos los hallazgos más recientes que revalorizan a esta especie desde una mirada científica, responsable y sustentable.

## ¿UNA PLANTA PELIGROSA O UNA ALIADA DE LA CIENCIA?

Cuando se menciona la amapola (*Papaver somniferum L.*), muchas personas la asocian de inmediato con sustancias ilegales, debido a su vínculo histórico con la producción de opio. Sin embargo, es importante aclarar que las semillas de esta planta no contienen opio, y que ese enfoque ha invisibilizado otros aspectos valiosos que ofrece esta especie desde la perspectiva científica<sup>[1]</sup>.

En realidad, las semillas de amapola poseen un enorme potencial nutricional, farmacológico y tecnológico. Investigaciones recientes están demostrando que pueden utilizarse de forma segura y responsable para el desarrollo de soluciones innovadoras, sobre todo en el campo de la nanotecnología verde<sup>[2]</sup>.

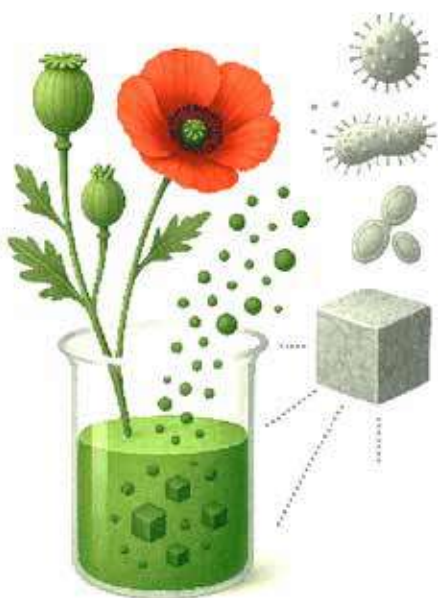


## DEL USO ANCESTRAL A LA INNOVACIÓN SUSTENTABLE

Desde tiempos antiguos, las plantas han sido utilizadas como remedios naturales. Hoy en día, la ciencia retoma ese conocimiento tradicional para crear tecnologías más respetuosas con el medio ambiente<sup>[1]</sup>. Uno de los ejemplos es el uso de las semillas de *P. somniferum* como materia prima para obtener compuestos útiles en la producción de nanopartículas, gracias a su contenido natural de fenoles, flavonoides, antocianinas<sup>[3]</sup>.

Estos compuestos no solo benefician la salud humana, sino que también cumplen una función clave en procesos de laboratorio: actúan como "ingredientes verdes" que ayudan a formar nanopartículas metálicas sin necesidad de utilizar químicos tóxicos ni altas temperaturas. En otras palabras, permiten llevar la química de laboratorio a un modelo mucho más sustentable, en armonía con la naturaleza.

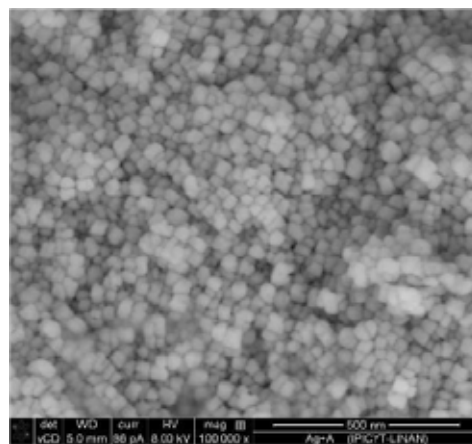
## NANOTECNOLOGÍA VERDE A PARTIR DE PLANTAS: EL POTENCIAL DE LA AMAPOLA EN LA SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA



**Figura 1.** La amapola (*Papaver somniferum* L.) como biofábrica verde: a partir de extractos de sus semillas, es posible sintetizar nanopartículas de plata con estructuras bien definidas y propiedades antimicrobianas. Esta nanotecnología verde permite combatir bacterias, hongos y levaduras sin recurrir a compuestos tóxicos, promoviendo una ciencia más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

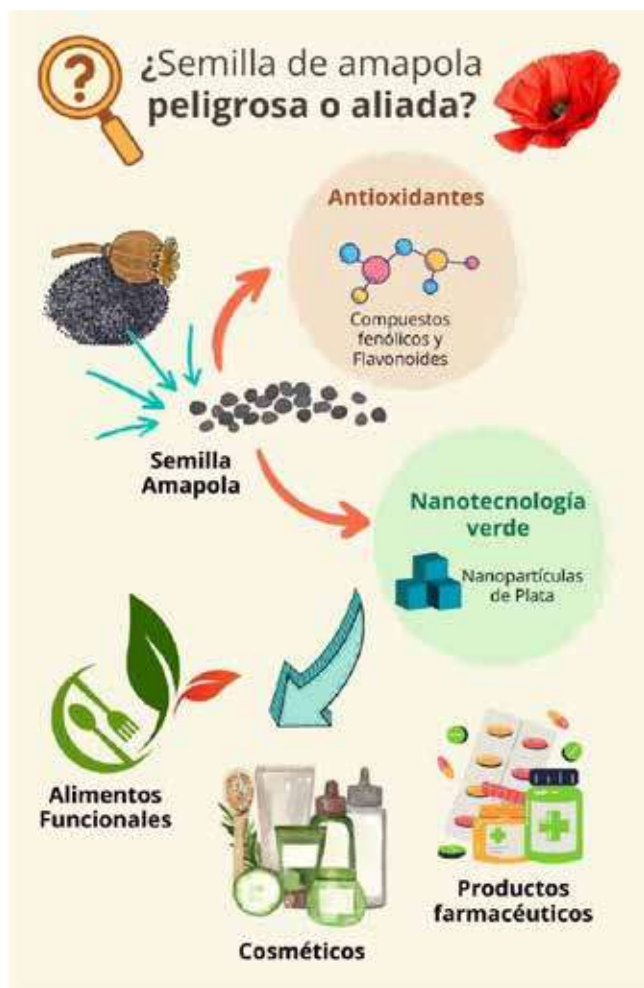
Uno de los desarrollos más prometedores en la nanociencia actual es la síntesis verde de nanopartículas de plata (NPs-Ag) utilizando extractos acuosos de semillas de *Papaver somniferum* [Figura 1]<sup>[4]</sup>. A diferencia de los métodos convencionales que emplean reactivos químicos tóxicos, esta técnica aprovecha los compuestos naturales presentes en las plantas como flavonoides, taninos y otros metabolitos secundarios para reducir los iones de plata y formar partículas a escala nanométrica<sup>[3]</sup>.

Las nanopartículas obtenidas mediante este enfoque ecológico no solo presentan una estructura cúbica bien definida [Figura 2] y una composición elemental estable<sup>[3]</sup>, (como lo confirman análisis por microscopía electrónica de barrido, SEM), sino que además exhiben una potente actividad antimicrobiana, combatiendo bacterias como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y hongos como *Candida albicans*<sup>[4]</sup>.



**Figura 2.** Interacción antagonista entre bacterias mediada por bacteriocinas. Ampliación que muestra cómo una bacteria productora (verde) utiliza bacteriocinas para inhibir a una bacteria competidora (morada) en un entorno microbiano diverso.





Las nanopartículas de plata obtenidas con extractos de amapola pueden aplicarse en una amplia variedad de áreas, como:

- **Odontología y medicina:** formulación de enjuagues bucales, tratamientos antimicrobianos tópicos, recubrimientos para implantes.
- **Control de infecciones hospitalarias:** textiles, superficies y dispositivos médicos antimicrobianos.
- **Cosmética natural:** productos para el cuidado de la piel con acción purificante y conservante.
- **Agricultura:** como biopesticidas naturales y agentes antimicrobianos en cultivos.
- **Tratamiento de agua:** filtros y membranas con propiedades desinfectantes.

Este tipo de innovaciones demuestran cómo el uso responsable del conocimiento científico puede ofrecer soluciones sostenibles que impactan positivamente en la salud, el ambiente y la industria [Figura 3].

**Figura 3.** ¿Una planta peligrosa o una aliada de la ciencia? Aunque comúnmente asociada con la producción de opio, la amapola (*Papaver somniferum* L.) también ofrece beneficios poco conocidos. Sus semillas, libres de alcaloides opiáceos, poseen propiedades nutricionales y compuestos bioactivos con alto valor farmacológico y tecnológico. Actualmente, son utilizadas en estudios de nanotecnología verde para la síntesis de nanopartículas con potencial antimicrobiano, lo que posiciona a esta especie como un recurso natural prometedor en ciencia y salud.

## SEMILLAS CON POTENCIAL QUE VA MÁS ALLÁ

Además de su uso en nanotecnología, las semillas de amapola han mostrado un alto contenido de compuestos antioxidantes [1], lo que significa que pueden proteger nuestras células del daño causado por el estrés oxidativo.

Las pruebas de actividad antioxidante (como ABTS, DPPH y FRAP) también confirmaron que los extractos poseen una buena capacidad para neutralizar radicales libres, lo cual puede aprovecharse en campos como la alimentación, la cosmética natural o la medicina regenerativa [2].



## UNA NUEVA MIRADA HACIA LA AMAPOLA

En lugar de ver a la amapola como una planta peligrosa, la ciencia nos invita a redescubrirla como una aliada tecnológica <sup>[1]</sup>. Sus semillas pueden transformar procesos industriales contaminantes en alternativas verdes, accesibles y más seguras <sup>[3]</sup>. Al integrar el conocimiento ancestral con la innovación científica, se abre la puerta a soluciones sostenibles que beneficien tanto a las personas como al planeta.

### Referencias Bibliográficas

1. Díaz-Bárcena A, Giraldo P. Exploring the research evolution of *Papaver somniferum* and *Cannabis sativa*: a bibliometric comparative analysis. *Ind Crops Prod.* 2023; 203:117143. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117143>
2. Gupcsó K, Kókai Z, Bálint M, Tavaszi-Sárosi S, Németh ÉZ. Studies on sensory and phytochemical characteristics of poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties for their oil utilisation. *Foods.* 2023;12(17):3165. <https://doi.org/10.3390/foods12173165>
3. Muhammad W, Sajjad A, Sumaira S, Muhammad NA, Safia HA, Muhammad J. Green synthesis of gold nanoparticles and their characterizations using plant extract of *Papaver somniferum*. *Nano Sci Nano Technol Ind J.* 2017;11:1–5.
4. Muhammad W, Khan MA, Nazir MS, Siddiquah A, Mushtaq S, Hashmi SS, Abbasi BH. *Papaver somniferum* L.-mediated novel bioinspired lead oxide (PbO) and iron oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanoparticles: in-vitro biological applications, biocompatibility and their potential towards HepG2 cell line. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2019;103:109740. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109740>



# 04. SEMILLAS DE AMAPOLA: MÁS ALLÁ DEL MITO, UN POTENCIAL ANTIOXIDANTE, ANTIINFLAMATORIO Y FUNCIONAL.

Leslie Andrea Colorado Torres  
Estudiante de la Maestría en  
Ciencias en Química, CUCEI,  
UDG  
ORCID: 0009-0009-3629-9108

Arely Betzabeth Reyes Gómez  
Estudiante de Licenciatura, UDG  
ORCID: 0009-0000-7926-4647

Sandra Fabiola Velasco Ramírez  
Profesora e investigadora, CUCEI,  
UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7054-1465>

Ana Cristina Ramírez Anguiano  
Profesora e investigadora, CUCEI,  
UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3305-3809>





## RESUMEN

La amapola (*Papaver somniferum L.*) ha sido históricamente conocida por sus propiedades narcóticas. Sin embargo, estudios recientes revelan que sus semillas legales, seguras y libres de alcaloides son una fuente rica en nutrientes y compuestos bioactivos. En este artículo te contamos cómo un equipo científico estudió extractos etanólicos y hexánicos de estas semillas para evaluar su valor nutricional, así como sus posibles propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antiartríticas. Los ensayos se realizaron en modelos de laboratorio (*in vitro*), lo que significa que los resultados son preliminares y aún no pueden extrapolarse de manera directa a la salud humana. Aun así, los hallazgos muestran un alto contenido de proteínas, fibra, fenoles totales y flavonoides, además de una notable capacidad para estabilizar membranas celulares y neutralizar radicales libres en condiciones controladas. Esta evidencia científica busca romper con estigmas y destacar el potencial de las semillas de amapola como ingrediente funcional para la industria alimentaria, cosmética o farmacéutica, siempre considerando que su validación definitiva requiere más investigación.

## EL REDESCUBRIMIENTO DE LA AMAPOLA

**D**urante siglos, la planta de la amapola ha estado asociada con la producción de opio y sus derivados. Sin embargo, las semillas de *Papaver somniferum L.*, que no contienen alcaloides psicoactivos, poseen una rica composición nutricional y fitoquímica poco explorada. Actualmente, las semillas de amapola se emplean de forma legal y segura en la gastronomía, particularmente en panes, harinas y repostería, como lo reconocen normativas alimentarias internacionales y recetarios tradicionales en Europa y América, como por ejemplo en la Unión Europea (EU Food Law/EFSA) menciona que las semillas de *Papaver somniferum* están reguladas como alimento legal, el reglamento (CE) N° 1881/2006 fija límites máximos para la presencia de alcaloides (morfina, codeína, tebaina) en semillas destinadas a consumo humano, mientras que, en Estados Unidos, la FDA considera las semillas de amapola como “Generalmente reconocidas como seguras (GRAS)”

para su uso en panadería, repostería y condimentos. No obstante, su potencial va mucho más allá del uso culinario, pues su composición nutricional y fitoquímica las coloca como candidatas para aplicaciones funcionales en la industria de la salud y el bienestar.



**Figura 1.** Usos culinarios actuales de las semillas de amapola, presentes en panes, repostería y ensaladas, como ingrediente legal y seguro.



## SEMILLAS PEQUEÑAS, POTENCIAL ENORME

Investigaciones recientes llevadas a cabo por alumnos e Investigadores del Departamento de Química en la Universidad de Guadalajara han estudiado a profundidad los componentes químicos y bioactivos de estas semillas a través de dos tipos de extracción: una con etanol y otra con hexano. Estos métodos permitieron explorar tanto compuestos solubles en agua (polares) como aquellos más afines a grasas (apolares), obteniendo así una visión integral del valor funcional de la semilla.

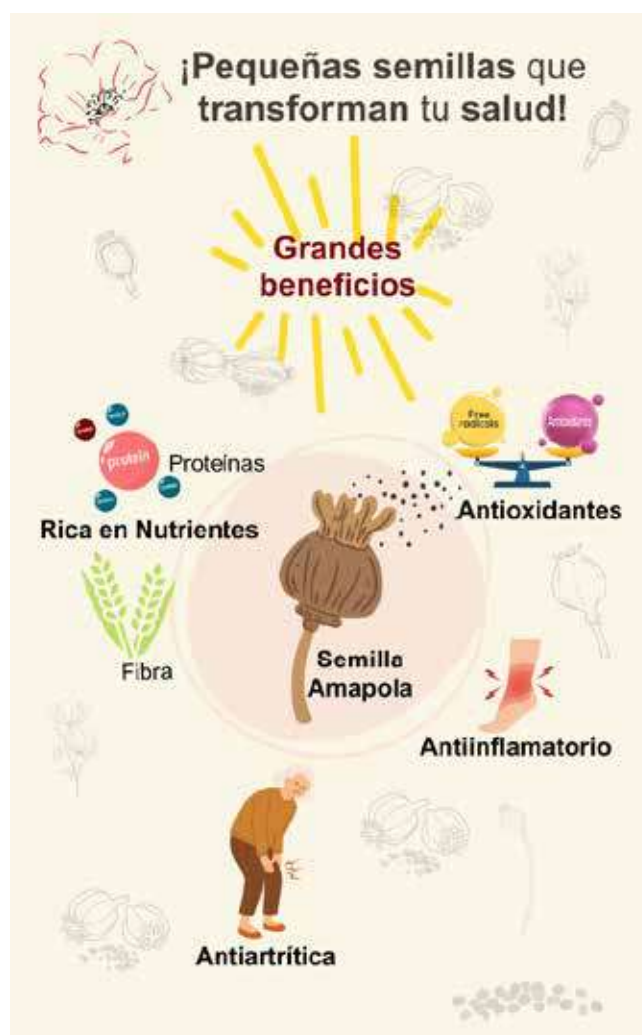
Estos procedimientos, aunque descritos aquí de manera sencilla, consisten en separar los compuestos de la semilla usando solventes con diferente afinidad química. El etanol permitió obtener sustancias solubles en agua, mientras que el hexano concentró compuestos más relacionados con grasas. Esta estrategia ofreció una visión integral del valor nutricional y bioactivo de las semillas, garantizando que tanto las fracciones polares como apolares fueran evaluadas de manera sistemática.

### ¿QUÉ CONTIENEN?

Los extractos etanólicos mostraron que, por cada 100 gramos de semillas, se obtiene alrededor de 24.6 g de proteína y 56.2 g de fibra, cifras que superan a las de muchos granos comunes, como la avena o el arroz integral. Además, contienen una diversidad de compuestos bioactivos como flavonoides, antocianinas, proantocianidinas y ácidos fenólicos. Dichos nombres pueden sonar técnicos, pero en la práctica se trata de moléculas que también encontramos en alimentos comunes como los frutos rojos, el té verde o el cacao, y que se asocian con beneficios antioxidantes, es decir, con la capacidad de neutralizar radicales libres que dañan a las células [1].

Por su parte, el extracto hexánico (que concentra componentes afines a grasas) también reveló la presencia de fenoles y flavonoides, mostrando además una notable actividad antiinflamatoria y antiartrítica en modelos *in vitro*. Esto sugiere que, más allá de su aporte nutricional, las semillas de amapola podrían inspirar futuros productos naturales de apoyo a la salud, [2].

**Figura 2.** La semilla de amapola: fuente de nutrientes, antioxidantes y compuestos con potencial antiinflamatorio y antiartrítico.



## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE?

La acumulación de radicales libres en el cuerpo se ha relacionado con procesos de envejecimiento prematuro y con el desarrollo de enfermedades crónicas como cardiovasculares, neurodegenerativas y ciertos tipos de cáncer [3]. Por ello, el consumo de compuestos antioxidantes naturales presentes en frutas, verduras, té o cacao se considera una estrategia preventiva importante dentro de una dieta equilibrada [4].

En el caso de las semillas de amapola, los compuestos con posible actividad antiinflamatoria mostraron, en

pruebas in vitro, más de un 80 % de inhibición en ensayos que simulan procesos inflamatorios y desnaturalización de proteínas. Estos resultados obtenidos de estudios exploratorios realizados bajo condiciones de laboratorio controladas, son alentadores, aunque deben interpretarse con cautela: se trata de modelos experimentales preliminares que no pueden extrapolarse directamente a efectos clínicos en humanos. Su verdadera eficacia y seguridad solo podrán confirmarse mediante estudios adicionales en animales y ensayos clínicos.

## MÁS ALLÁ DEL LABORATORIO



Los resultados de ambos estudios no sólo demuestran que estas semillas tienen beneficios reales, sino que también invitan a repensar su uso y percepción en la sociedad. Lejos de ser una amenaza, la *Papaver somniferum L.* puede convertirse en un recurso funcional para la salud humana, siempre bajo condiciones reguladas, seguras y basadas en evidencia científica.

Su potencial no termina en el laboratorio: aplicaciones en la industria de alimentos funcionales, suplementos antioxidantes, cosméticos naturales y tratamientos fitoterapéuticos son sólo algunas de las posibilidades que se abren para este antiguo cultivo [5].

**Figura 3.** Aplicaciones derivadas de las semillas de amapola: de los alimentos funcionales a los tratamientos naturales.

### Referencias Bibliográficas

1. Butnariu M, et al. Phytochemical profile and antioxidant activity of *Papaver somniferum L.* seeds. *Rom Biotechnol Lett.* 2022;27(3):3405–3412.
2. Labanca F, et al. *Papaver somniferum L.* as medicinal plant: A review. *Plant Biosyst.* 2018; 152(6):1163–1175.
3. Shahidi F, Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *J Funct Foods.* 2015;18(Part B):820–897.
4. Ghasemzadeh A, et al. Flavonoid compounds and their antioxidant activity in extract from edible banana (*Musa sp.*). *J Food Biochem.* 2016;40(1):1–10.
5. Lillo LE, et al. Desarrollo de extractos bioactivos en matrices vegetales. *Rev Colomb Quím Farm.* 2016;45(2):123–135.



# 05. APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA PREDECIR DIABETES: UNA NUEVA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN.

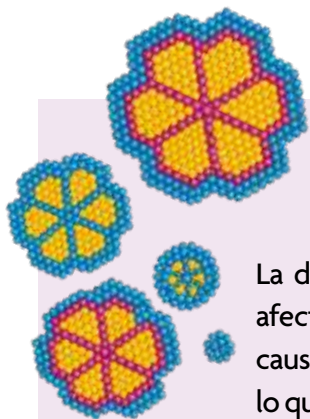
*Moisés de Jesús Juárez Álvarez*  
Estudiante de Ingeniería en  
Informática, CUCEI, UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3571-6729>

*Marcos Emmanuel Mariscal Díaz*  
Estudiante de Licenciatura en Física,  
CUCEI, UDG.  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3353-472X>

*Gabriela Etelvina Talavera Ramos*  
Estudiante del Posgrado en  
Cirugía General  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9263-1052>

*Andrea Elizabeth Becerril Talavera*  
Egresada de la Licenciatura en Ciencia  
de Materiales, UDG.  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0646-1375>





## RESUMEN

La diabetes tipo 2 es un problema que se incrementa en la salud pública afectando a millones de personas. En México, representa una de las principales causas de muerte. El diagnóstico tradicional suele requerir múltiples pruebas, lo que puede incrementar costos y retrasar la detección. Este estudio exploró cómo el "aprendizaje automático" (un tipo de inteligencia artificial) identifica los factores de riesgo más importantes para simplificar el diagnóstico. Analizamos datos de pacientes internacionales y los validamos con datos de un hospital en Durango, México. Los resultados identificaron dos pistas clave: la hemoglobina glicosilada y la hipertensión. Los modelos de inteligencia artificial lograron una alta precisión (hasta 94% en datos internacionales y 72% en la población mexicana). Estos hallazgos abren la puerta a protocolos de diagnóstico más simples y accesibles. ¿Podría una "alarma" digital anticipar la diabetes antes de que aparezca? Este estudio explora esa posibilidad.

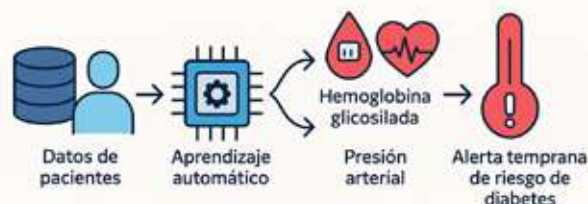
## INTRODUCCIÓN (EL RETO DE LA DETECCIÓN TEMPRANA)

Para entrenar nuestro modelo, usamos dos grupos de datos. Primero, un grupo grande de 1,879 pacientes internacionales con 46 variables clínicas (edad, exámenes de laboratorio, etc.). Luego, para asegurarnos de que los resultados fueran útiles en nuestro contexto, usamos un segundo grupo de 1,199 pacientes mexicanos del Hospital Dr. Santiago Ramón y Cajal en Durango.

El proceso [Figura 1] fue similar a enseñar a un detective:

1. Encontrar las pistas: Le dimos al sistema todos los datos y usamos técnicas computacionales avanzadas (LASSO<sup>[1]</sup>, Boruta, SelectKBest y Random Forest). Estos métodos funcionan como detectives que revisan todas las pistas y se quedan solo con las más importantes para resolver el misterio: ¿quién tiene mayor riesgo de desarrollar diabetes?

2. Construir el "cerebro" (el modelo): Probamos diferentes tipos de "cerebros" artificiales (Redes Neuronales<sup>[2]</sup> y Máquinas de Vectores de Soporte<sup>[3]</sup> (SVM)) para ver cuál aprendía mejor a predecir quién podría desarrollar diabetes en el futuro.



**Figura 1.** Resumen visual del modelo de aprendizaje automático que identifica factores clave para anticipar el riesgo de diabetes tipo 2.

<sup>1</sup> LASSO, Boruta, SelectKBest, Random Forest: Son los nombres de técnicas estadísticas que se usan para la "selección de características". Ayudan a la computadora a revisar docenas de variables y elegir solo las más importantes o predictivas, eliminando el "ruido".

<sup>2</sup> Redes Neuronales: Es un modelo inspirado en el cerebro humano. Utiliza "neuronas" artificiales en capas para detectar patrones muy complejos en los datos que otros métodos más simples no pueden ver.

<sup>3</sup> Máquinas de Vectores de Soporte (SVM): Es un algoritmo que funciona encontrando la "línea" o frontera óptima que mejor separa dos grupos (por ejemplo, pacientes con diabetes y pacientes sin diabetes).

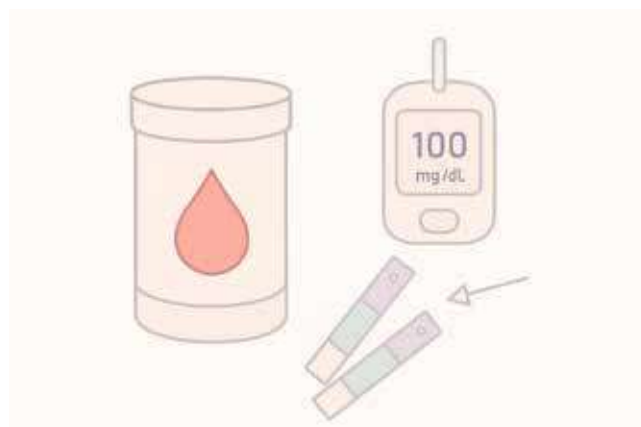


## HALLAZGOS PRINCIPALES: DOS PISTAS SON CLAVE

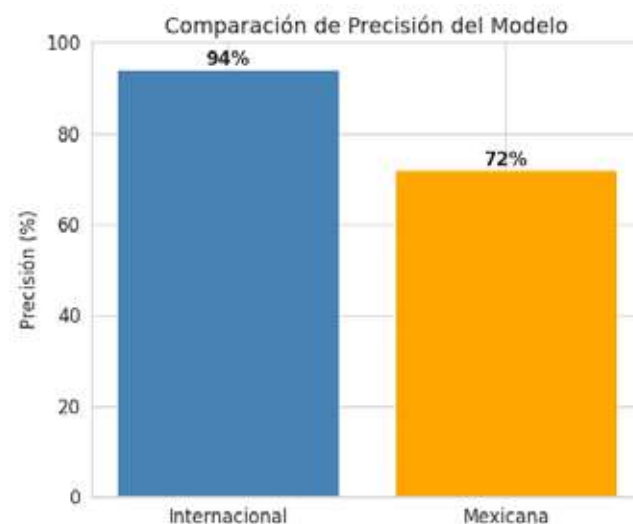
Los resultados fueron sorprendentes. Sin importar la técnica o la población, dos factores resultaron ser los más importantes, para “predecir” lo que pasaría:

1. La Hemoglobina Glicosilada: Este es un análisis de sangre que muestra el promedio del nivel de azúcar en los últimos tres meses. Es una de las mejores formas de saber si una persona ha mantenido un buen control de su glucosa.
2. La Hipertensión Arterial: Este resultado confirma que existe una relación muy cercana entre la diabetes y la salud del corazón. Tener la presión elevada es un signo importante que también ayuda a predecir complicaciones.

El nivel de glucosa en ayunas [Figura 2] (comúnmente medido en mg/dL, aunque el sistema internacional usa mmol/L) también resultó ser un factor importante. El rendimiento de los modelos fue muy bueno, donde el grupo internacional, el modelo "Random Forest" alcanzó una excelente precisión del 94%. En la población mexicana, las "Redes Neuronales" se adaptaron bien, logrando un 72% de precisión [Figura 3]. Aunque el 72% es más bajo, sigue siendo un resultado muy valioso para un sistema de salud, ya que utiliza menos datos clínicos de entrada.



**Figura 2.** Ejemplo del control de glucosa en sangre usando tiras reactivas y un glucómetro.



**Figura 3.** Comparación de precisión del modelo en la población internacional (azul, 94%) y la población mexicana (naranja, 72%). (Elaborada por los autores)

## IMPLICACIONES: ¿PARA QUÉ SIRVE ESTO EN LA PRÁCTICA?

Estos hallazgos no son solo números; tienen efectos directamente en la atención médica. Primero, sugieren que podríamos desarrollar protocolos de detección mucho más simples y baratos; en lugar de una serie completa de pruebas, un médico podría enfocarse primero en la hemoglobina glicosilada y revisar la hipertensión del paciente. Segundo, la buena precisión de estos

modelos (nuestra "alarma") facilita la identificación de pacientes en riesgo antes de que se sientan enfermos. Esta detección rápida es la clave de la prevención: permite realizar cambios en el estilo de vida (dieta, ejercicio) o tratamiento antes de que la enfermedad cause daños irreversibles.



## CONCLUSIÓN

Este estudio demuestra que la inteligencia artificial es una herramienta poderosa para identificar los factores importantes de la diabetes.

La verdadera promesa de esta tecnología es lo que puede hacer en nuestra vida diaria. Imaginemos su potencial en clínicas rurales en México, donde el acceso a laboratorios y exámenes completos son limitados. Un modelo mejorado, que requiera menos pruebas (como la hemoglobina glicosilada y la presión arterial), podría ser una herramienta de evaluación para que el personal de salud priorice a los pacientes que necesitan atención más urgente.

Aunque se necesita más investigación para mejorar los modelos para poblaciones específicas, estos resultados son un avance hacia una medicina más preventiva, efectiva y económica, enfocándonos en la prevención de la enfermedad en lugar de tratar sus complicaciones.

## Referencias Bibliográficas

1. ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, Bannuru RR, Brown FM, Bruemmer D, et al. Classification and diagnosis of diabetes: standards of care in diabetes—2023. *Diabetes Care*. 2023;46(Suppl 1):S19–40. doi:10.2337/dc23-S002. PMID: 36507649. [Internet]. [citado 10 Nov 2025]. Disponible en: [https://diabetesjournals.org/care/article/46/Supplement\\_1/S19/148056/2-Classification-and-Diagnosis-of-Diabetes](https://diabetesjournals.org/care/article/46/Supplement_1/S19/148056/2-Classification-and-Diagnosis-of-Diabetes)
- 2- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Estadísticas de defunciones registradas 2022 [Internet]. México: INEGI; 2023 [citado 10 Nov 2025]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/mortalidad/>
- 3- International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas*. 10th ed. [Internet]. Brussels (Belgium): IDF; 2021 [citado 10 Nov 2025]. Disponible en: <https://www.diabetesatlas.org>
- 4- Fregoso-Aparicio L, Noguez J, Montesinos L, García-García JA, et al. Machine learning and deep learning predictive models for type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetology & Metabolic Syndrome*. 2021;13:148. doi:10.1186/s13098-021-00767-9. [Internet]. [citado 10 Nov 2025]. Disponible en: <https://dmsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13098-021-00767-9>



# 06. LA CIENCIA DETRÁS DE LAS ARCILLAS SINTÉTICAS ECOLÓGICAS.

Norma Alejandra González Rojas  
Estudiante del Doctorado en  
Ciencias en Química  
CUCEI, UDG  
ORCID: 0000-0003-1975-9431

Minerva Guadalupe Ventura Muñoz  
Estudiante del Doctorado en Ciencias  
en Química  
CUCEI, UDG  
ORCID: 0000-0002-4203-5418

Fermín Paul Pacheco Moisés  
Profesor investigador. CUCEI, UDG  
ORCID: 0000-0002-3769-5649

Gregorio Guadalupe Carbajal Arízaga  
Profesor docente. CUCEI, UDG.  
ORCID: 0000-0003-3120-0243





## RESUMEN

Los compuestos laminares son polvos finos en los que cada partícula está formada por centenas de láminas. Si se observan en un microscopio, cada partícula es una sola pieza compuesta por muchas capas apiladas ordenadamente, similares a un pan de hojaldre. Dado que las capas no están unidas químicamente, son susceptibles de intercalarse con moléculas ajenas que estén en el ambiente. Estos compuestos se sintetizan a nivel laboratorio, controlando la composición y distribución de las moléculas entre las láminas u hojas, logrando así la formación de un compuesto híbrido que combine o potencie las propiedades del nuevo material formado. Para conseguir estos nuevos compuestos existen diferentes procedimientos para producirlos, que hasta cierto punto generan residuos inorgánicos químicos, lo que provocaría un impacto negativo a nivel ambiental. Para resolver esta problemática surgió la denominada química verde que trata de la obtención de compuestos químicos utilizando procedimientos ecológicos. En este texto mostraremos que el procedimiento mecanoquímico es adecuado y eficiente para la formación de compuestos nanométricos con propiedades avanzadas.

Las arcillas pertenecen a un grupo de minerales cuya estructura se compone de láminas, semejantes a una pasta de hojaldre. Como ejemplo de estas arcillas, se tienen la caolinita (componente del hormigón), la montmorillonita (componente de mascarillas antiacné), la haloisita (presente en membranas purificadoras de agua, Figura 1), la hectorita (emulsificante para cosméticos) y la clorita (usada en filtros de agua).

Una repercusión importante de su estructura es que las arcillas son capaces de albergar moléculas ajenas entre sus láminas, como si a una pasta de hojaldre la rellenáramos con crema pastelera o con chispas de chocolate. Las nuevas moléculas pueden ser fertilizantes, fármacos o nutrientes para fortificar alimentos. Los compuestos que se retengan tendrán más estabilidad química ante la degradación o reaccionar de una manera ordenada y es por este motivo que algunos investigadores proponen que las arcillas pudieron

retener aminoácidos y propiciar la formación de las moléculas con las que se originó la vida <sup>[1]</sup>.

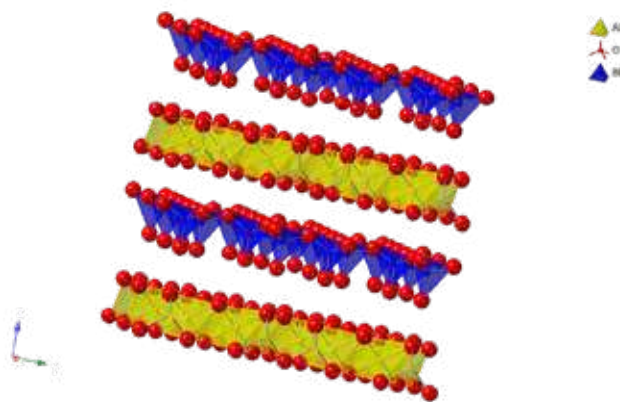


Figura 1. Estructura laminar de la haloisita.



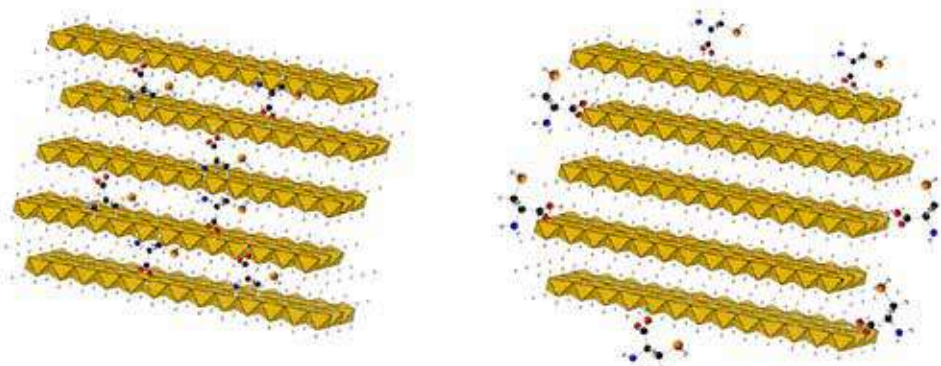
De manera análoga a las arcillas naturales, existen compuestos sintéticos que mantienen la estructura laminar, llamados hidróxidos dobles laminares (HDLs).

Químicamente, la semejanza radica en que están formados por elementos compatibles con el medio ambiente, incluso con sistemas. Al ser compuestos sintéticos, es posible tener un control de su composición y modular sus propiedades, a diferencia de las arcillas naturales, donde el tipo y cantidad de impurezas dependerán de las condiciones geológicas de su formación.

Al sintetizarse, se seleccionan los elementos químicos que les otorgarán sus propiedades químicas, como la de activarse en ambientes ácidos lo que permite usarlos para retener fármacos y liberarlos selectivamente en tejidos cancerosos; (ya que los tumores suelen ser ligeramente ácidos).

Cuando un HDL es combinado con fármacos o fertilizantes orgánicos se forma un material híbrido. Estos materiales tienen dimensiones nanométricas, y son capaces de realizar más de dos funciones, por ejemplo, reconocer selectivamente un tejido, liberar un fármaco si este tejido está dañado, aumentar su temperatura para destruir un tejido dañado y emitir una señal fluorescente para conocer su posición en el tejido deteriorado.

Un uso común de los materiales híbridos con HDLs es transportar un fármaco para hacerlo más eficiente. La retención del fármaco puede darse entre las decenas de hojas que contiene cada partícula o exclusivamente en la superficie (Figura 2), en ambas situaciones se forma un compuesto híbrido [2].



**Figura 2.** Estructura de una partícula híbrida de HDL con moléculas de cisteína intercaladas en su espacio interlaminaar (izquierda) y en el exterior de la partícula (derecha).

El motivo de preparar materiales híbridos es mejorar algunas cualidades; por ejemplo, la curcumina es un compuesto de origen vegetal que tiene propiedades terapéuticas, pero no se disuelve con agua, y por lo tanto su eficiencia en las terapias contra el cáncer es baja. Al transformarlo en un híbrido con HDLs, se puede aumentar la solubilidad en agua hasta el 50% y, en consecuencia, aplicarlo fácilmente en el tratamiento de células cancerosas. Además, el HDL cuando está formado por una red de magnesio, se aumenta la velocidad de liberación de curcumina en el estómago, mientras que con  $Zn^{2+}$  la liberación es más

lenta y solo se libera hasta llegar al intestino delgado, además, protege a la curcumina de la degradación por luz ultravioleta [3].

Si bien, la estructura de estos híbridos es compleja, los métodos de obtención también lo son. Entre los métodos comunes están los llamados procesos de reconstrucción o rehidratación, la exfoliación y reensamblaje, la coprecipitación y el intercambio iónico. Estos procedimientos generan residuos químicos, necesitan solventes y requieren al menos 24 horas de reacción. Una manera de que estos procesos sean más



amigables con el medio ambiente es reducir la generación de residuos, evitar solventes y reducir el tiempo de reacción, lo que representa menos consumo de energía. A esta estrategia se le denomina “química verde” y un procedimiento verde que se adapta a la síntesis de estos compuestos es el método mecanoquímico. Por más rebuscado que suene, no es muy diferente a preparar una salsa en un molcajete. Los reactivos (vegetales de la salsa) se mezclan y se someten a una molienda en un mortero o en un molino (molcajetes), lo que promueve la transformación mediante la conversión de energía mecánica a energía química.

En la literatura apenas se encuentran algunos trabajos del uso de este método en la preparación de materiales híbridos con HDLs, y es por ello que nuestro grupo ha explorado este procedimiento para obtener híbridos con diferentes compuestos y fármacos incorporados como melatonina, N-acetil cisteína, glutatión, doxorubicina, vincristina, vinblastina y 5-fluoracilo.

En estos experimentos se detectó como ventaja que i) se evitó el uso de solventes para predisolver los compuestos orgánicos, ii) se eliminó la formación de álcalis o residuos inorgánicos y en especial iii) no se alteró la composición de las láminas del HDL, así como también iv) se redujo el tiempo de reacción de 24 horas a 20 minutos, que fue uno de los hallazgos más sorprendentes obtenidos con esta técnica. Sin bien algunos autores indican que una limitación del método es que requiere una alta cantidad de reactivos, nuestro equipo ha logrado buenos resultados utilizando 20 miligramos de reactivos, lo que es ventajoso cuando se trabaja con sustancias de difícil obtención o costosas. Finalmente, cabe señalar que este método es más efectivo cuando la reacción deseada ocurre en la superficie de las partículas de HDLs [Figura 2, derecha]. Si se busca la intercalación de compuestos entre las láminas [Figura 2, izquierda], se requiere un tiempo de reacción más prolongado.

### CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta que el método mecanoquímico reduce la cantidad de reactivos, de energía, tiempo y minimiza residuos, es prometedor para usarse en la preparación de materiales híbridos con HDLs ya sean en prácticas de docencia o en el diseño de materiales avanzados, en especial para mejorar la solubilidad de fármacos o nutrientes en suplementos alimenticios.

### Referencias Bibliográficas

1. Klopogge JT (Theo), Hartman H. Clays and the origin of life: The experiments. *Life*. 2022 Feb 9;12(2):259.
2. Dillenburger JD, Schulte L, Suleiman M, Sheehan CJ, Mallouk TE. Selective covalent basal plane modification as a probe of hydroxide ion conduction pathways in magnesium aluminum layered double hydroxides. *ChemSusChem*. 2024 Sep 23;17(18).
3. Gutiérrez-Gutiérrez F, Sánchez-Jiménez C, Rangel-Castañeda IA, Carbajal-Arízaga GG, Macías-Lamas AM, Castillo-Romero A, et al. Encapsulation of curcumin into layered double hydroxides improve their anticancer and antiparasitic activity. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* [Internet]. 2020 Jun 8;72(7):897–908. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/jphp.13266>



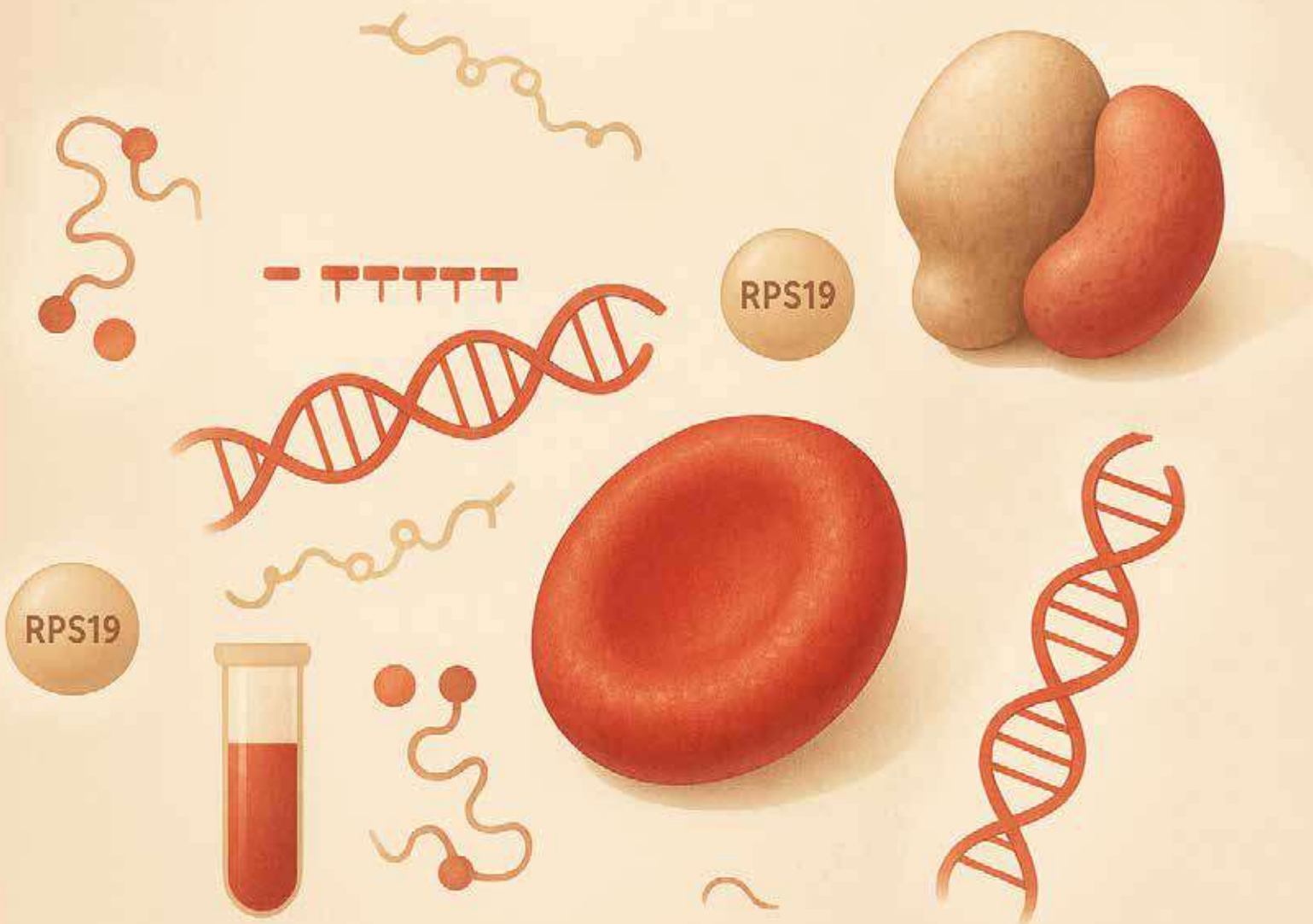
# 07. EL MISTERIO DE LOS RIBOSOMAS REBELDES Y EL LADO OCULTO DE LA ANEMIA DE DIAMOND-BLACKFAN.

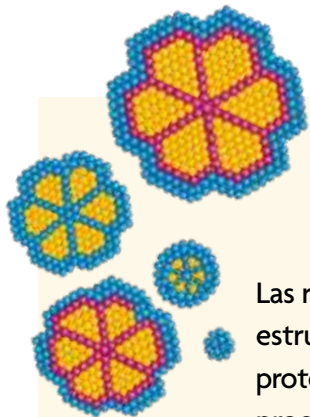
Luis Alejandro García Suárez  
Estudiante de la Licenciatura en  
Médico Cirujano.  
Universidad de la Salud y  
Administración (UNSEA)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6195-0693>

Brenda Gómez Álvarez  
Estudiante de la Licenciatura en  
Médico Cirujano.  
Universidad de la Salud y  
Administración (UNSEA)

Sahori Escalona Gil  
Estudiante de la Licenciatura en  
Médico Cirujano.  
Universidad de la Salud y  
Administración (UNSEA)

Jose Antonio Garcia Espinoza  
Universidad de la Salud y  
Administración (UNSEA)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6050-5471>





## RESUMEN

Las ribosomopatías son enfermedades que aparecen cuando los ribosomas, estructuras celulares encargadas de fabricar proteínas, no funcionan bien. Las proteínas son indispensables para casi todas las funciones del organismo, desde producir energía hasta reparar tejidos. En las células humanas, los ribosomas se conforman de dos partes, llamadas subunidades, que se ensamblan en el núcleo antes de trabajar juntas. En algunas personas, cambios en los genes que producen las proteínas de los ribosomas impiden que estas máquinas moleculares funcionen correctamente. Uno de los ejemplos más conocidos es la anemia de Diamond-Blackfan (ADB), una enfermedad rara que afecta sobre todo la producción de glóbulos rojos. Esto provoca anemia desde los primeros años de vida, con síntomas como palidez, cansancio extremo, retraso en el crecimiento y, en muchos casos, malformaciones en la cara, manos, corazón o riñones. Hoy en día, la única opción para curar la enfermedad es un trasplante de células madre de un donador compatible, por lo que existen grandes retos en la medicina y la investigación para generar terapias más precisas y así ofrecer soluciones a los pacientes en el futuro.

## ¿QUÉ SUCEDE SI LOS RIBOSOMAS FALLAN?

La síntesis de proteínas es esencial para cualquier proceso celular que pueda involucrar alguna enzima o proteína especializada en alguna función dentro de la célula, es decir, las proteínas involucradas en los procesos metabólicos, señalización, transporte de moléculas, división celular, autofagia, muerte celular programada, etc., que requieren de su producción en los ribosomas. Los ribosomas requieren de la participación de dos piezas o subunidades 60S (mayor) y 40S (menor), ricos en un tipo de ácido nucleico llamado ARN ribosomal (ARNr), una vez que se acoplan las dos subunidades se asocian con un mensaje en forma de ARN mensajero (ARNm) que lleva la secuencia codificante para realizar o producir la proteína en el citoplasma de cualquier célula eucarionte.

El nacimiento de los ribosomas ocurre en el núcleo de las células eucariotas y es como construir un lego, es decir cada una de las subunidades ribosomales serán ensambladas por ARNr y por proteínas ribosomales estructurales (RP). En el caso de la subunidad 60S esta es constituida por 3 ARNr (5.8 S, 28S, y 5S), la 40S con un solo ARNr (18S), ambas subunidades presentan al menos 83 proteínas estructurales.

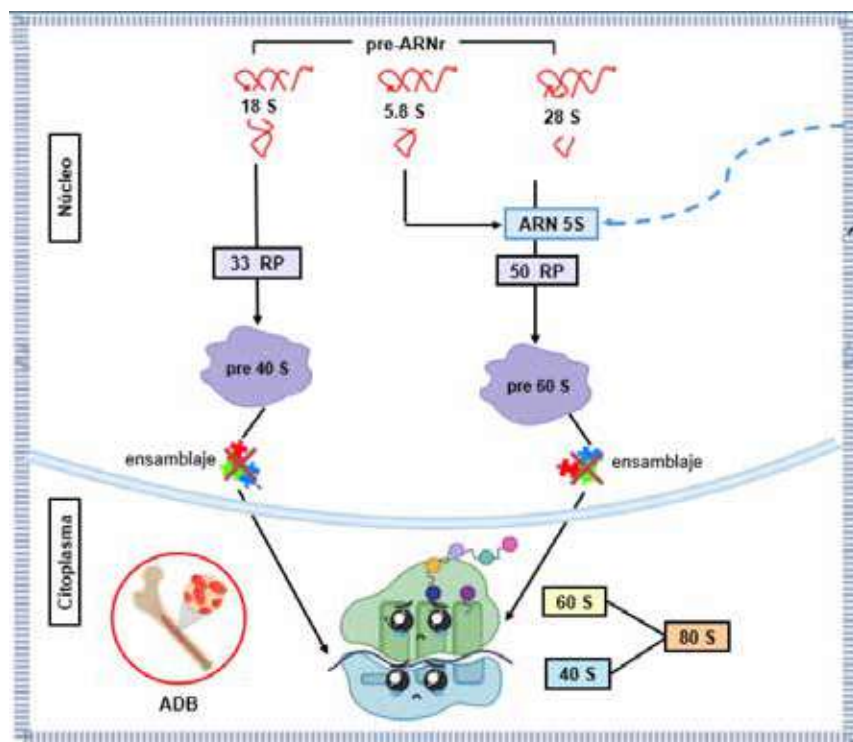
¿Alguna vez has perdido el manual de instrucciones de un lego? Imagina que las mutaciones en los genes que fomentan el ensamblaje de los ribosomas se pierden, bueno es justo lo que está pasando en esta enfermedad llamada Diamond-Blackfan (ADB). Esto provoca ribosomas inconclusos que afectan a las



células precursoras de la sangre como los glóbulos rojos provocando anemia severa en niños.

los genes alterados están presentes en la proteína ribosomal S19 del complejo 40S (RPS19) [Figura 1].

Actualmente se ha descrito que mutaciones en los genes que codifican las RP, desencadenan la anemia severa ADB, en la que aproximadamente un 25% de

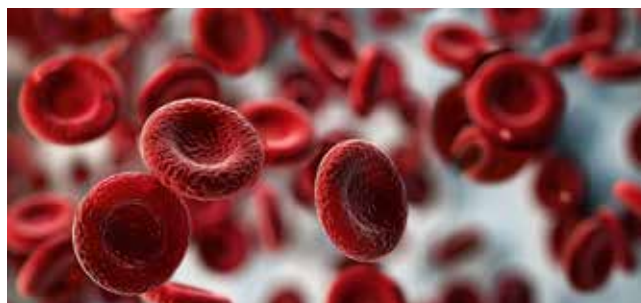


**Figura 1.** Biogénesis ribosomal y su alteración en la anemia de Diamond–Blackfan. En el núcleo, el pre-ARN ribosomal (pre-ARNr) se procesa para generar las subunidades 18S, 5.8S y 28S, las cuales se ensamblan con proteínas ribosomales estructurales (33 RP para la subunidad menor y 50 RP más un ARN 5S para la subunidad mayor) formando las pre-subunidades 40S y 60S. Las pre-subunidades se transportan al citoplasma, y dan lugar a ribosomas funcionales (80S) listos para la traducción de proteínas, sin embargo, en la anemia de Diamond–Blackfan mutaciones en las RP afectan la producción de glóbulos rojos generando anemia. RP: proteínas estructurales ribosomales. Imagen elaborada en BioRender.com

## ANEMIA DIAMOND-BLACKFAN ADB

Es un trastorno que afecta exclusivamente a los glóbulos rojos con tamaños aumentados o de tamaño normal (macrocítica y normocítica crónica) y que se agrupan dentro de las anemias, y que tiene un inicio en los primeros 2 años<sup>[1]</sup>. Se presenta una dramática reducción de los progenitores eritrocitarios en la médula ósea, provocando una disminución de glóbulos rojos jóvenes con producción normal de leucocitos y plaquetas. Es de origen genético y está presente desde el nacimiento, generalmente se transmite de forma autosómica dominante, lo que significa que basta con heredar una sola copia del gen defectuoso (ya sea del padre o de la madre) para desarrollar ADB.

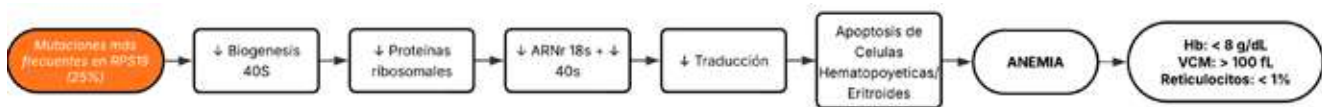
Actualmente existen enfermedades clínicamente similares como el síndrome Schwachman–Diamond que pueden compartir alta predisposición a leucemia mieloide aguda o síndrome mielodisplásico<sup>[2]</sup>. En la ADB se estima que hay entre 5 y 7 casos por cada millón de recién nacidos vivos<sup>[3]</sup>.



## MANIFESTACIÓN CLÍNICA Y DIAGNÓSTICO DE LA ADB

La mayoría de los pacientes presentan fatiga de grave hasta extrema, palidez, pérdida de peso, abdomen distendido y agrandamiento hepático, cardíaco y del bazo, retraso en el crecimiento, defectos craneoencefálicos (labio hendido o paladar hendido), anomalías del pulgar, malformaciones cardíacas congénitas, y anomalías en riñones y alteraciones en la médula ósea [Figura 2].

Dentro de los estudios a realizar en ADB está la toma de biopsia de la médula ósea para el análisis de mutaciones genéticas en los genes que codifican las RP y estudios de laboratorio como algunas proteínas (amilasa, lipasa y lactato deshidrogenasa) que se encuentran alteradas [2].



**Figura 2.** Alteración ribosomal en la anemia de Diamond-Blackfan. Mutaciones en los genes estructurales que incluyen a RPS19 reduce los niveles de ribosomas funcionales, lo que provoca una disminución de la traducción de proteínas. El “estrés ribosómico”, induce muerte celular de células hematopoyética progenitoras, generando bajos niveles de hemoglobina <8 g/dL, tamaño promedio de eritrocitos (VCM) >100 fL y reticulocitos <1%.

## TRATAMIENTO Y RECOMENDACIONES PARA LA ANEMIA

El tratamiento inicial son transfusiones sanguíneas que se mantienen hasta los doce meses de edad y posteriormente se inicia el tratamiento con fármacos para reducir las condiciones inflamatorias generadas por las transfusiones sanguíneas (corticosteroides), y la administración de oxígeno es utilizado para mejorar el estado crítico de los pacientes. Una vez que la hemoglobina empieza a aumentar a más de 9 g/dL se disminuyen los corticosteroides, sin embargo uno de los problemas que surgen del uso de corticoesteroides es la dependencia al fármaco o su resistencia.

Las transfusiones sanguíneas son un tratamiento eficaz, pero su uso frecuente puede provocar la acumulación de hierro en la sangre y en órganos como el hígado. El hierro es fundamental en la formación de la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos y sigue siendo un reto la eliminación del hierro en exceso. Por lo que es necesario el desarrollo de nuevos fármacos para el manejo de hierro en los pacientes. En la actualidad, el único tratamiento curativo es el trasplante de células madre productoras de nuevos glóbulos rojos de un donador compatible [4].



## CONCLUSIÓN

La anemia de Diamond-Blackfan nos muestra que un pequeño fallo puede esconder secretos que aún no comprendemos. Cuando los ribosomas fallan, la célula no puede producir proteínas esenciales; esto impide la formación correcta de los glóbulos rojos, causando anemia severa desde los primeros años de vida. Estudiar esta enfermedad ayudará a mejorar el diagnóstico y tratamiento de los pacientes.

## Referencias Bibliográficas

1. Zhou, J. et al., Clinical management of a severe DBA patient with a novel RPS19 mutation. *Front. Pediatr.*, 25 May 2025. <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1590183>
2. Liu Y. y Karlsson S., Perspectives of current understanding and therapeutics of Diamond-Blackfan anemia. *Molecular Targets For Therapy. Leukemia*. 2024. 38:1–9; <https://doi.org/10.1038/s41375-023-02082-w>
3. Bartels, M. y Bierings, M. How I manage children with Diamond-Blackfan anaemia. *Br J Haematol*. 2019 Jan;184(2):123-133. doi: 10.1111/bjh.15701
4. Killeen RB, Bhoopalan SV, Suryaprakash S, Sharma A and Wlodarski MW. Hematopoietic cell transplantation and gene therapy for Diamond-Blackfan anemia: state of the art and science. *Front. Oncol*. 2023. 13:1236038. <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1236038>



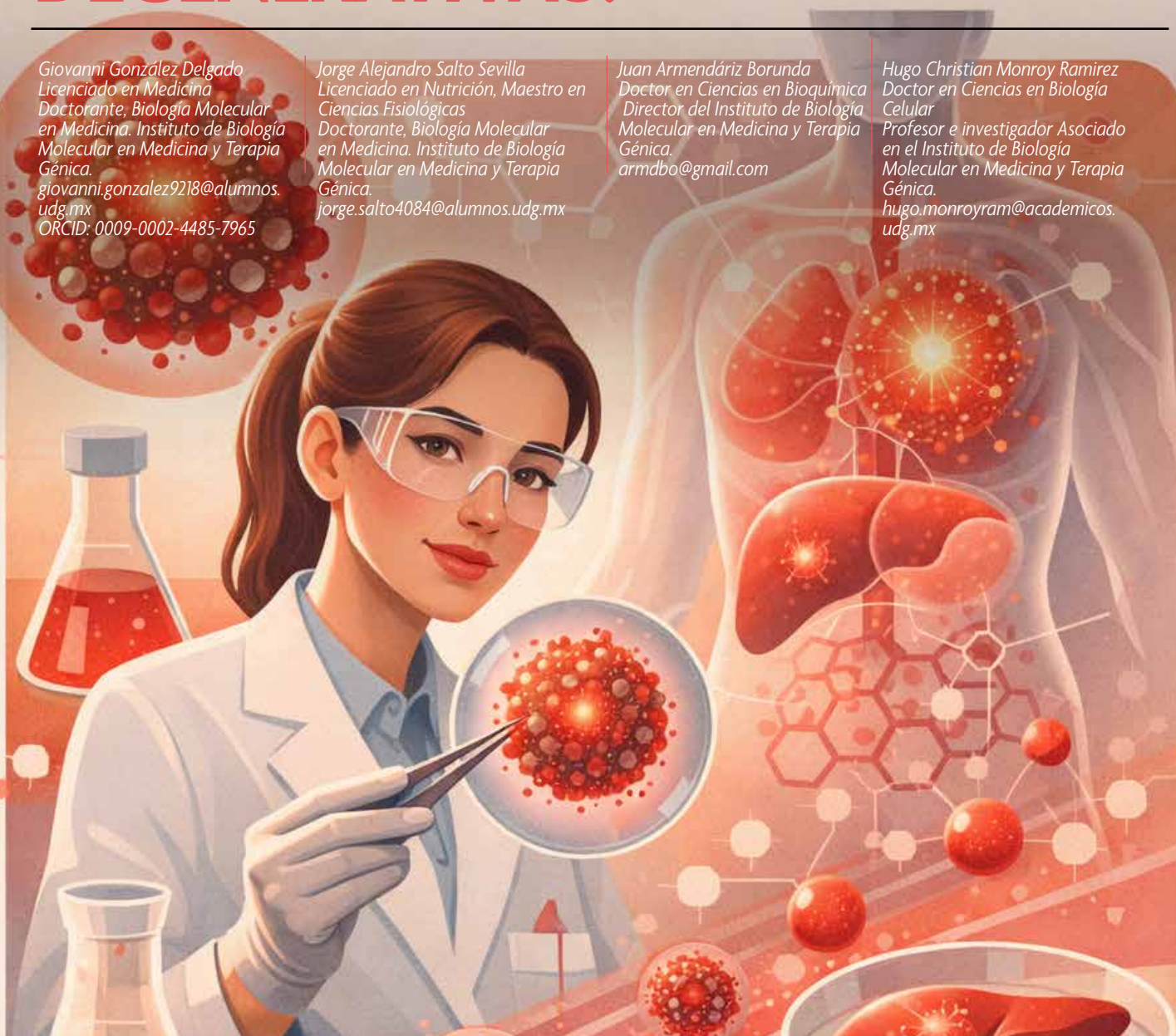
# 08. NANOPARTÍCULAS: NUEVOS ENFOQUES DE TRATAMIENTO PARA ENFERMEDADES DEGENERATIVAS.

*Giovanni González Delgado*  
Licenciado en Medicina  
Doctorante, Biología Molecular  
en Medicina. Instituto de Biología  
Molecular en Medicina y Terapia  
Génica.  
giovanni.gonzalez9218@alumnos.  
udg.mx  
ORCID: 0009-0002-4485-7965

*Jorge Alejandro Salto Sevilla*  
Licenciado en Nutrición, Maestro en  
Ciencias Fisiológicas  
Doctorante, Biología Molecular  
en Medicina. Instituto de Biología  
Molecular en Medicina y Terapia  
Génica.  
jorge.salto4084@alumnos.udg.mx

*Juan Armendáriz Borunda*  
Doctor en Ciencias en Bioquímica  
Director del Instituto de Biología  
Molecular en Medicina y Terapia  
Génica.  
armdbob@gmail.com

*Hugo Christian Monroy Ramirez*  
Doctor en Ciencias en Biología  
Celular  
Profesor e investigador Asociado  
en el Instituto de Biología  
Molecular en Medicina y Terapia  
Génica.  
hugo.monroyram@academicos.  
udg.mx





## RESUMEN

La incidencia y la prevalencia del cáncer aumentan de manera constante año tras año, mientras que los tratamientos convencionales suelen ser insuficientes o no todos los pacientes son candidatos a ellos. En este contexto, los avances en nanomedicina han impulsado el desarrollo de tecnologías innovadoras para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas, incluido el cáncer. Entre estos avances destaca el uso de nanopartículas, estructuras de entre 10 y 100 nanómetros que poseen propiedades antioxidantes, capacidad para transportar sustancias *con actividad biológica* y que funcionan como marcadores de tejidos específicos, entre otras. Estas características ofrecen alternativas terapéuticas a los tratamientos convencionales, así como opciones para pacientes que no pueden acceder a ellos.

Las propiedades de las nanopartículas dependen de su material de origen (metales, carbono, cerámicos, entre otros), de su estructura y de las modificaciones que se les realicen, como la incorporación de *recubrimientos químicos*, lo que mejora su *uso en el organismo* y su actividad biológica. Su uso ha demostrado resultados prometedores en modelos experimentales *en cultivo celular y en animales*, así como en ensayos clínicos, y se ha aplicado con éxito en el tratamiento de diversos tipos de cáncer, en la cicatrización de heridas y en la reducción del estrés oxidativo.

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónico-degenerativas (ECD) engloban un conjunto de padecimientos caracterizados por su progresión continua (que avanzan o empeoran con el tiempo), su origen multifactorial (más de una causa) y su frecuente coexistencia con otras enfermedades. Entre las ECD con mayor prevalencia a nivel mundial se encuentran la diabetes mellitus tipo 2, la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, las enfermedades neurodegenerativas y diversos tipos de cáncer. Hablando específicamente de cáncer, en 2020, se reportaron aproximadamente 19,3 millones de casos nuevos, lo que causó alrededor de 10 millones de muertes en todo el mundo <sup>[1, 2]</sup>.

Los tratamientos actuales dependen de las particularidades de cada tipo de cáncer; mientras que algunos cuentan

con tratamientos altamente efectivos, otros carecen de opciones satisfactorias, lo que hace urgente el desarrollo de estrategias más eficientes. Esta necesidad impulsa la creación y la adopción de nuevas tecnologías para enfrentar enfermedades cada vez más complejas <sup>[2]</sup>.

El cáncer, en particular, representa uno de los mayores retos para la salud, debido a múltiples factores que dificultan el desarrollo de tratamientos 100% efectivos. La mayoría de las terapias convencionales, como la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia, se limitan a estados no avanzados de la enfermedad. En este sentido, la innovación tecnológica, incluida la nanotecnología, ha permitido desarrollar moléculas y sistemas prometedores con potencial para mejorar los resultados clínicos <sup>[1, 2, 3]</sup>.



La nanotecnología se define como el campo de la ciencia que permite manipular materiales a escala nanométrica, generando estructuras incluso más pequeñas que el grosor de un cabello humano. Entre estos materiales destacan

las nanopartículas (NPs), cuya versatilidad y propiedades terapéuticas han recibido creciente atención. En los últimos años, sus aplicaciones han mostrado ventaja frente a los tratamientos convencionales y su uso en la práctica clínica parece ser solo cuestión de tiempo <sup>[3]</sup>.

## ¿QUÉ SON LAS NANOPARTÍCULAS Y CUÁL HA SIDO SU IMPACTO EN LA BIOMEDICINA?

La nanomedicina, entendida como la aplicación médica de la nanotecnología, fue conceptualizada por el premio Nobel de Física Richard P. Feynman desde la década de 1960. Se denomina nanopartícula (NP) a cualquier material, principalmente de carbono, metales, cerámicas, grasas o polímeros, con un tamaño entre 10 y 100 nanómetros <sup>[4]</sup>.

Una de sus principales ventajas radica en la posibilidad de ser modificadas con compuestos que incrementen su uso en el organismo y su liberación a sitios específicos, optimizando la eficacia de fármacos ya existentes <sup>[3]</sup>.

Las NPs pueden ser huecas, recubiertas o con un núcleo con diferentes materiales, y presentarse en variadas formas y tamaños, características que determinan sus propiedades físicas, químicas y terapéuticas <sup>[4]</sup>.

Algunas NPs modificadas poseen propiedades ópticas útiles para el diagnóstico clínico, la detección temprana de tumores, la medición de moléculas en sangre o la protección durante la radioterapia. Estas aplicaciones han consolidado a las NPs como herramientas valiosas, tanto dentro como fuera del ámbito médico <sup>[4]</sup>.

En el tratamiento de ECD, las NPs recubiertas con grasas, polímeros y metales se han convertido en herramientas clave para el desarrollo de terapias y métodos diagnósticos.

## PANORAMA ACTUAL DE LOS TRATAMIENTOS CONTRA EL CÁNCER



En oncología, las limitantes actuales derivan no solo de la efectividad de las terapias, sino también de factores como los efectos adversos de la quimioterapia y la radioterapia, los elevados costos y los retrasos en el diagnóstico oportuno. El uso creciente de NPs ha mostrado potencial para mejorar el perfil de seguridad de los tratamientos y optimizar los costos, al tiempo que se reduce la frecuencia de los efectos adversos <sup>[3]</sup>.

El diseño flexible de las NPs permite desarrollar candidatos como tratamientos para distintos tipos de cáncer. No obstante, solo una pequeña fracción llega a las etapas finales de investigación antes de su aplicación clínica. Las diferencias entre tumores y la complejidad biológica del cáncer siguen siendo retos considerables <sup>[2, 5]</sup>.



Entre los tipos de cáncer más letales, el carcinoma hepatocelular (HCC) se sitúa como la principal forma de cáncer de hígado, ocupando en 2022 el quinto lugar en incidencia y el tercero en mortalidad a nivel mundial, después del cáncer de pulmón y de colon. Las terapias actuales para el HCC incluyen combinaciones de cirugía y tratamiento farmacológico, que, en casos tempranos, pueden extender la supervivencia hasta cinco años. Sin embargo, la eficacia depende en gran medida del estadio de la enfermedad [2, 3].

En este contexto, las NPs, incluidas las metálicas, como las de cerio, han mostrado resultados prometedores: distribución más eficiente de fármacos al interior de las células, reducción de la oxidación y envejecimiento de las células, promoción de la cicatrización, modulación del microambiente tumoral y actividad antitumoral [2, 3, 4, 5].

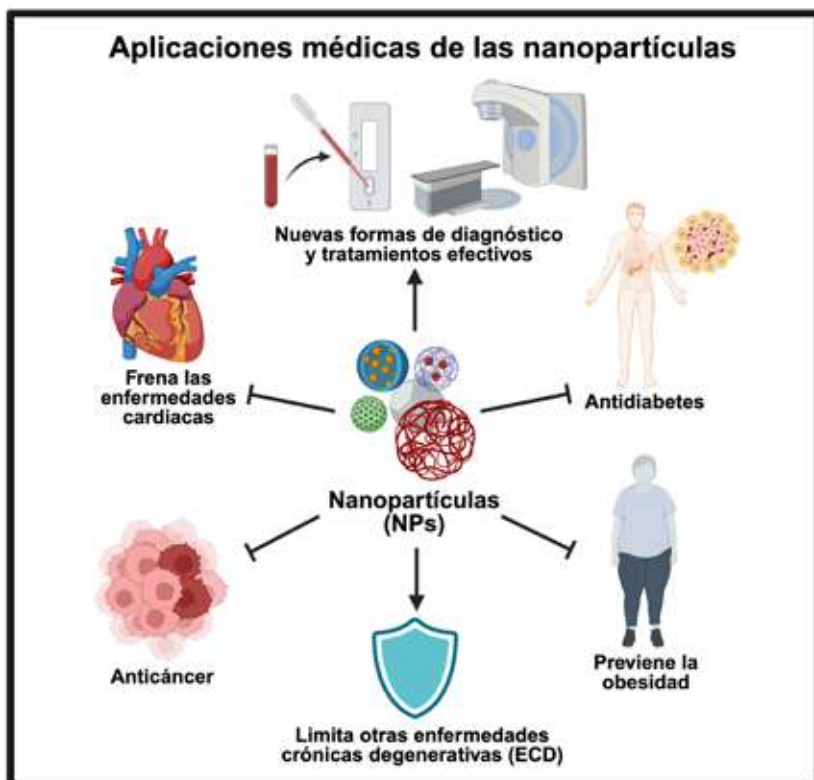
## PERSPECTIVAS: EL FUTURO DE LA NANOTERAPIA

Independientemente de su origen o modificación, las NPs representan una alternativa innovadora, funcional y prometedora gracias a sus propiedades físico-químicas, su relación costo-beneficio y su particular potencial de uso seguro, especialmente cuando se modifican con moléculas activas compatibles con el organismo. Actualmente, estudios en animales y humanos nos han

permitido avanzar y comprender mejor los aspectos clave de diversos tipos de cáncer (esófago, hígado, cervicouterino, entre otros) y de otras ECD de tal forma que podemos diseñar NPs que se enfoquen en los puntos débiles de las ECD, pero más en el cáncer, porque aún representa un enorme desafío [5].

Pese a estos avances, aún persisten limitaciones para su uso en la práctica clínica. En algunos casos, el perfil de seguridad está bien establecido, mientras que en otros aún requiere optimización. Será fundamental establecer tratamientos que permitan demostrar su efectividad contra las ECD, especialmente el cáncer, pero también que permitan su aplicación en otras enfermedades, como las infecciosas, así como, el desarrollo de métodos diagnósticos más sensibles y accesibles [4, 5].

La nanotecnología, y en particular la nanomedicina, ofrece soluciones viables y de alto impacto para el tratamiento de múltiples enfermedades. Aunque las ECD constituyen el foco de este texto, el potencial de las NPs trasciende, abriendo la puerta a estrategias innovadoras frente a problemas de salud persistentes que, hasta hace poco, carecían de alternativas efectivas contra enfermedades como las que se muestran en la Figura 1.



**Figura 1. Aplicaciones médicas de las nanopartículas.**

Las nanopartículas ofrecen nuevas estrategias de diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades crónicas. Destacan por su potencial anticancerígeno, antidiabético, cardioprotector y en la limitación de padecimientos degenerativos.



## CONCLUSIÓN

Las ECD representan un gran número de enfermedades que, desafortunadamente, encabezan las principales causas de muerte en el mundo. Dependiendo de la enfermedad, podemos acceder a diversos tipos de tratamiento que influyen directamente en la esperanza de vida. Aunque las ECD pueden resultar mortales, no todas presentan el mismo nivel de letalidad.

El cáncer se considera una ECD por sus características y es una de las más devastadoras. Desafortunadamente, los tratamientos actuales tienen una eficacia limitada, lo que influye en el pobre pronóstico de vida de las personas que viven con cáncer. El uso de la nanotecnología es un avance revolucionario para múltiples campos de la ciencia, particularmente, la creación de nanomateriales tan diminutos como las NPs, lo que ha abierto una gama de opciones terapéuticas novedosas con potencial, totalmente diferentes de los tratamientos convencionales, que en muchas ocasiones generan efectos adversos. La nanoterapia ha demostrado ser un enfoque prometedor con resultados en modelos con animales; sin embargo, aún quedan aspectos como la seguridad, la manufactura, la regulación ética y la infraestructura hospitalaria que deben resolverse para posicionar las NPs como un tratamiento que pueda ser utilizado en los sistemas de salud de todo el mundo y, de esta forma, empezar poco a poco a ganar la batalla contra una de las enfermedades más devastadoras, el cáncer.

## Referencias Bibliográficas

1. Fan D, Cao Y, Cao M, Wang Y, Cao Y, Gong T. Nanomedicine in cancer therapy. *Signal Transduct Target Ther* [Internet]. 2023;8(1):293. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41392-023-01536-y>
2. Li Y, Zou H, Zheng Z, Liu Z, Hu H, Wu W, et al. Advances in the study of bioactive nanoparticles for the treatment of HCC and its postoperative residual cancer. *Int J Nanomedicine* [Internet]. 2023;18:2721–35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2147/IJN.S399146>
3. Nosrati H, Heydari M, Khodaei M. Cerium oxide nanoparticles: Synthesis methods and applications in wound healing. *Mater Today Bio* [Internet]. 2023;23(100823):100823. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtbio.2023.100823>
4. Zhao Z, Cao Y, Xu R, Fang J, Zhang Y, Xu X, et al. Nanoparticles (NPs)-mediated targeted regulation of redox homeostasis for effective cancer therapy. *Smart Mater Med* [Internet]. 2024;5(2):291–320. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smam.2024.03.003>
5. Monroy-Ramirez HC, Salto-Sevilla J, Arceo-Orozco S, Caloca-Camarena F, Flores-Peña R, Lopez-Mena E, et al. Cerium oxide nanoparticles: a promising nanotherapy approach for chronic degenerative diseases. *J Mater Sci Mater Eng* [Internet]. 2025;20(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s40712-025-00295-8>



# 09. TECNOLOGÍAS 4.0 PARA EL CONTROL DE PLAGAS: DE LA INNOVACIÓN EN LABORATORIO A LA SOSTENIBILIDAD EN EL CAMPO.

Joel Hinojosa Dávalos  
Posdoctorante SECIHTI  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9967-2266>

Cuahtémoc Acosta Lúa  
Profesor CUCiénega, UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7398-2629>





## RESUMEN

Las plagas agrícolas, responsables de pérdidas del 20-40% en cultivos a nivel mundial y del 30-50% en México, con impactos críticos en Jalisco, donde plagas como el gusano cogollero y la mosca prieta reducen los rendimientos hasta en un 35%. Para mitigar estos daños, se proponen dos estrategias clave: Manejo Integrado de Plagas (MIP): Manejo Agroecológico de Plagas (MAP). Innovaciones tecnológicas: El CUCiénega de la Universidad de Guadalajara ha desarrollado dispositivos patentados, como drones para dispersión de biocontroles, trampas automatizadas con IoT y transportadores inteligentes de agentes biológicos. Estas tecnologías, validadas mediante software especializados y pruebas de campo, optimizan la precisión, reducen costos y minimizan el uso de insumos sintéticos. El Programa PIMATP: Integra MIP y MAP con tecnologías 4.0 en un sistema escalable y sostenible, cuyos componentes clave incluyen: Diagnóstico inteligente: Uso de drones y trampas automatizadas para monitoreo en tiempo real. Intervenciones híbridas: Combinación de liberación de biocontroles y prácticas agroecológicas. Plataforma digital: Analiza datos con IA y facilita la participación comunitaria. Resultados esperados: Reducción del 40% en uso de insecticidas sintéticos (MIP). Aumento del 25% en biodiversidad de insectos benéficos (MAP). La sinergia entre tecnología, agroecología y manejo integrado de plagas ofrece un modelo replicable para una agricultura sostenible, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Este enfoque no solo mejora la productividad, sino que también fortalece la resiliencia ambiental y la seguridad alimentaria, demostrando que la innovación inclusiva puede transformar los desafíos agrícolas en oportunidades de desarrollo.

## INTRODUCCIÓN

Las plagas agrícolas representan una de las mayores amenazas para la seguridad alimentaria global, causando pérdidas significativas en la producción de cultivos. A nivel mundial, se estima que entre 20% y 40% de los cultivos se pierden anualmente debido a plagas y enfermedades <sup>[1]</sup>. En México, este problema es igualmente crítico, con pérdidas que oscilan entre el 30% y 50% en cultivos clave como maíz, frijol y aguacate. En el estado de Jalisco, principal productor de granos y agave del país, las infestaciones de plagas como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y la mosca prieta (*Aleurocanthus woglumi*) han generado reducciones de hasta 35% en rendimientos.

Ante este escenario, los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) emergen como estrategias clave para mitigar estos daños. El MIP, basado en la combinación de métodos biológicos, químicos y culturales, ha demostrado reducir pérdidas en un 25-60% en cultivos extensivos. Por su parte, el MAP, que enfatiza la biodiversidad funcional y la salud del suelo, ha logrado disminuir infestaciones en sistemas agroecológicos hasta en un 70%, como se ha observado en fincas de pequeña escala en Jalisco. La integración de tecnologías innovadoras como: Drones para dispersión de biocontroles o trampas



automatizadas— con estos enfoques puede potenciar su eficacia. Por ejemplo, en Jalisco, el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) para aplicar agentes de control biológico ha incrementado la precisión y reducidos costos operativos en un 40%. Estos avances, combinados con prácticas agroecológicas como policultivos y

manejo de hábitats, ofrecen una solución sostenible para reducir la dependencia de plaguicidas sintéticos y fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas.

## MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El MIP es un enfoque ecológico para el control de plagas que combina diversas estrategias de manera sostenible, con el objetivo de reducir el uso de pesticidas químicos y minimizar los impactos ambientales y en la salud humana. Se fundamenta en la integración de métodos biológicos, culturales, físicos y químicos, priorizando la prevención y el monitoreo constante <sup>[2,3]</sup>. Cuyos fundamentos son: Monitoreo y evaluación de plagas: Identificación y seguimiento de las poblaciones de plagas para tomar decisiones informadas.

Umbral de acción: Establecimiento de niveles de infestación que justifiquen intervención. Prevención: Implementación de prácticas culturales como rotación de cultivos y uso de variedades resistentes. Control biológico: Promoción de enemigos naturales como depredadores y parasitoides. Control físico y mecánico: Uso de trampas, barreras y métodos manuales. Control químico racional: Aplicación selectiva de pesticidas sólo cuando sea estrictamente necesario.



## MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El MAP es un enfoque holístico que busca regular las poblaciones de plagas mediante la manipulación de procesos ecológicos en los agroecosistemas <sup>[4]</sup>. A diferencia del MIP, el MAP enfatiza la restauración de la biodiversidad funcional y la resiliencia del sistema, reduciendo la dependencia de insumos externos. Cuyos fundamentos son: Biodiversidad funcional: Se promueve la diversidad biológica para mejorar los servicios ecosistémicos de regulación de plagas. Por ejemplo, el uso de policultivos y cercas vivas incrementa los enemigos naturales. Suelo sano: La salud del suelo

es fundamental, ya que plantas bien nutridas son más resistentes a plagas. Prácticas como el compostaje y los abonos verdes fortalecen este componente. Control biológico por conservación: Se favorece el hábitat de depredadores y parasitoides mediante bancos de flores, corredores biológicos y refugios. Resistencia inducida: Se estimulan los mecanismos de defensa de las plantas mediante bioestimulantes y microorganismos beneficiosos. Conocimiento local: Se integra el saber campesino con la ciencia agroecológica para diseñar estrategias adaptativas.



El MIP y el MAP comparten el objetivo de reducir el uso de plaguicidas sintéticos, aunque difieren en su enfoque principal: el MIP se centra en el control técnico de plagas con mínimo impacto ambiental, basado en agronomía, entomología y toxicología, mientras que el MAP promueve la regulación ecológica mediante el diseño del agroecosistema, fundamentado en agroecología, ecología de comunidades y etnoecología. Ambos incorporan conocimientos científicos y empíricos, priorizan el control biológico y la prevención, y prefieren alternativas no químicas, aunque el MIP permite pesticidas químicos como último recurso, y el MAP evita insumos sintéticos, privilegiando recursos locales. En cuanto a la escala, el MIP se aplica a nivel de finca o cultivo específico, mientras que el MAP considera el sistema agroecológico en su conjunto (interacciones entre cultivos, suelo y biodiversidad), aunque ambos pueden escalarse regionalmente. La participación de los agricultores también varía: en el MIP, los técnicos toman decisiones basadas en datos, mientras que el MAP fomenta la cocreación de conocimientos con saberes locales, aunque ambos valoran el conocimiento empírico. Los indicadores de éxito difieren: el MIP mide la reducción de daños económicos, y el MAP evalúa la resiliencia del agroecosistema y biodiversidad, aunque ambos miden sostenibilidad a mediano plazo. Finalmente, el MIP es compatible con la agricultura convencional, mientras que el MAP se vincula a mercados agroecológicos o soberanía alimentaria, aunque ambos promueven seguridad alimentaria.



## TECNOLOGÍA AGROECOLÓGICA PARA EL CAMPO JALISCIENSE: INNOVACIÓN FRENTE A LAS PLAGAS

La región Ciénega de Jalisco es un eje clave en la agricultura del occidente mexicano, donde cultivos como el maíz, el agave y las berries sostienen la seguridad alimentaria y la economía local. Sin embargo, esta productividad se ve amenazada por plagas como *Spodoptera frugiperda*, *Diatraea saccharalis* y *Bemisia tabaci*, cuyo control ha dependido tradicionalmente de plaguicidas sintéticos, generando graves impactos ambientales, riesgos para la salud y una creciente dependencia tecnológica en los pequeños productores.

Frente a este desafío, desde 2020, el CUCiénega de la

Universidad de Guadalajara desarrolló un conjunto de dispositivos tecnológico de bajo costo, basado en el Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) y el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Dichos dispositivos buscan reemplazar gradualmente los agroquímicos con soluciones modulares, accesibles y sostenibles, diseñadas para adaptarse a las condiciones reales del campo. El proyecto integra dispositivos interoperables para la detección temprana de plagas, atracción selectiva, liberación de biocontroles y aplicación precisa de bioinsumos. Estas tecnologías fueron validadas mediante simulaciones computacionales, manufactura aditiva (impresión



3D) y pruebas de campo, asegurando su eficacia, durabilidad y facilidad de uso. Además, se alinea con políticas como la Estrategia Nacional de Bioinsumos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2, 9, 12, 13, 15 y 17), promoviendo una transición hacia una agricultura más limpia y resiliente. Su diseño modular permite escalabilidad y adaptabilidad, fortaleciendo las capacidades locales frente al cambio climático y el deterioro de los suelos.

La iniciativa destaca por su enfoque colaborativo, incorporando el conocimiento de los agricultores en cada etapa del desarrollo tecnológico. Esta sinergia entre ciencia y saberes tradicionales no solo mejora la adopción

de innovaciones, sino que también impulsa un modelo de bioeconomía circular, donde la sostenibilidad y la productividad van de la mano. Con este avance, la región Ciénega del Estado Jalisco se pretende posicionar como un referente en agricultura de precisión y agroecología, demostrando que la innovación tecnológica, cuando es inclusiva y respetuosa del medio ambiente, puede transformar los desafíos del campo en oportunidades de desarrollo sostenible.

## INNOVACIÓN PATENTADA PARA EL CONTROL AGROECOLÓGICO DE PLAGAS DESARROLLADA EN EL LABORATORIO DE MICROTECNOLOGÍA DEL CUCIÉNEGA DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Con ocho registros ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) el laboratorio de Microtecnología apoya al desarrollo tecnológico del campo y agricultura de la región, estas patentes reflejan soluciones innovadoras para el manejo sostenible de plagas, combinando automatización, biocompatibilidad y adaptabilidad a las necesidades del campo.

Entre los dispositivos destacan:

- Un sistema aéreo de dispersión de insumos (Patente 424717), diseñado para drones agrícolas, que optimiza la aplicación de biofertilizantes y biocontroles.
- Un transportador inteligente de biocontroles (MX5813 y MX/u/2025/000248), capaz de mantener condiciones óptimas de temperatura durante el almacenamiento y transporte.
- Trampas automatizadas para monitoreo y captura de plagas (MX5425), que facilitan la identificación temprana de infestaciones.
- Tecnologías de aspersión y liberación automatizada (MX5283 y MX/a/2022/008129), que permiten una

dosificación precisa de bioinsumos.

- Un atrayente alimenticio específico para plagas (MX/a/2022/016260), formulado para reducir el uso de químicos sintéticos.

Las innovaciones tecnológicas diseñadas para el control de plagas representan un modelo replicable de agricultura de precisión y bajo impacto ambiental, al integrar estratégicamente ambos enfoques para optimizar el control de plagas de manera sostenible. Estas herramientas no solo son avances técnicos, sino también soluciones prácticas que combinan eficiencia operativa con principios ecológicos.

Por ejemplo, el dispersador de gránulos para drones permite la aplicación precisa de plaguicidas (reduciendo dosis, MIP) o la dispersión de bioinsumos como *Beauveria bassiana* (MAP), fusionando precisión técnica con bajo impacto ambiental. De manera similar, el liberador automático de biocontroles optimiza la liberación de parasitoides (MIP) mientras fortalece hábitats para biodiversidad funcional (MAP). La composición



atrayente biodegradable facilita el trapeo masivo (MIP) sin dañar polinizadores (MAP), y el equipo de aspersión alterna entre insecticidas de bajo impacto (MIP) y biofertilizantes como extractos de neem (MAP), adaptándose a necesidades preventivas o emergentes. La trampa automatizada, programable según ciclos de plagas identificados por agricultores, une automatización (MIP) con conocimiento local y estímulos ecológicos como feromonas (MAP). Además, el transportador de biocontroles asegura la viabilidad de enemigos naturales en diversos climas (MIP), clave para sistemas agroecológicos diversificados (MAP), mientras que la dispersión aérea con drones permite aplicar agentes de control biológico (MIP) o restaurar biodiversidad con microorganismos (MAP).

Estas sinergias demuestran cómo la integración de tecnología, biodiversidad y conocimiento local maximiza la eficiencia, reduce el uso de insumos sintéticos y fortalece la resiliencia de los agroecosistemas, alineándose con los principios de una agricultura climáticamente inteligente y sostenible. Dando como resultado la propuesta de un prototipo de “Programa Integrado

de Manejo Agroecológico y Tecnológico de Plagas (PIMATP)”, donde sus componentes claves son:

### 1. Diagnóstico Inteligente

Herramientas: Drones con sensores para optimizar la aplicación de bioproductos agrícolas y mejorar la calidad del cultivo vegetal. Trampas automatizadas con IoT que monitorean plagas y enemigos naturales en tiempo real. Enfoque MAP: Mapeo de biodiversidad funcional. Enfoque MIP: Uso de umbrales dinámicos ajustados por algoritmos basados en clima y datos históricos.

### 2. Intervenciones Híbridas

Para el control del gusano cogollero, se combina la liberación automatizada de *Trichogramma* (MIP) con la siembra de *Tagetes* (nematicida natural) mediante un dispersador de gránulos (MAP), generando una sinergia que potencia el control biológico a través de hábitats diseñados. Contra la mosca blanca, se emplea la aspersión localizada de jabones potásicos junto con cultivos trampa de *Sorghum*, lo que permite concentrar las plagas y reducir en un 50% el uso de



químicos, integrando barreras físicas y biológicas de manera eficiente.

### 3. Monitoreo y Retroalimentación

Plataforma digital que integra: Datos de monitoreo realizados por los drones y trampas. Indicadores de salud del suelo (MAP) y Alertas automáticas cuando se superan umbrales (MIP). Talleres participativos para agricultores: Interpretación de datos + técnicas agroecológicas (ej: compostaje, policultivos).

### 4. Validación Científica

Parámetros de éxito: MIP: Reducción del 40% en uso de insecticidas sintéticos, MAP: Aumento del 25% en biodiversidad de insectos benéficos. Herramientas: Transportador de biocontroles para asegurar viabilidad de agentes biológicos. Composición atrayente biodegradable para trampeo masivo sin dañar polinizadores.

El PIMATP crear un sistema eficiente, sostenible y escalable de control de plagas, reduciendo pérdidas agrícolas y minimizando el impacto ambiental, mediante la sinergia de tecnologías innovadoras, principios ecológicos y estrategias de manejo sostenible, para reducir pérdidas económicas, minimizar el uso de insumos sintéticos y fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas, garantizando seguridad alimentaria y conservación de la biodiversidad. Dado que su diferenciador ante el MIP y MAP es: Tecnología accesible: Uso de drones y sensores de bajo costo para pequeños productores. Adaptabilidad: Funciona en sistemas convencionales (transición a MIP) y agroecológicos (MAP consolidado). Certificación sostenible: Sellos para fincas que cumplan metas de reducción de químicos + biodiversidad como se puede observar en la figura 1.

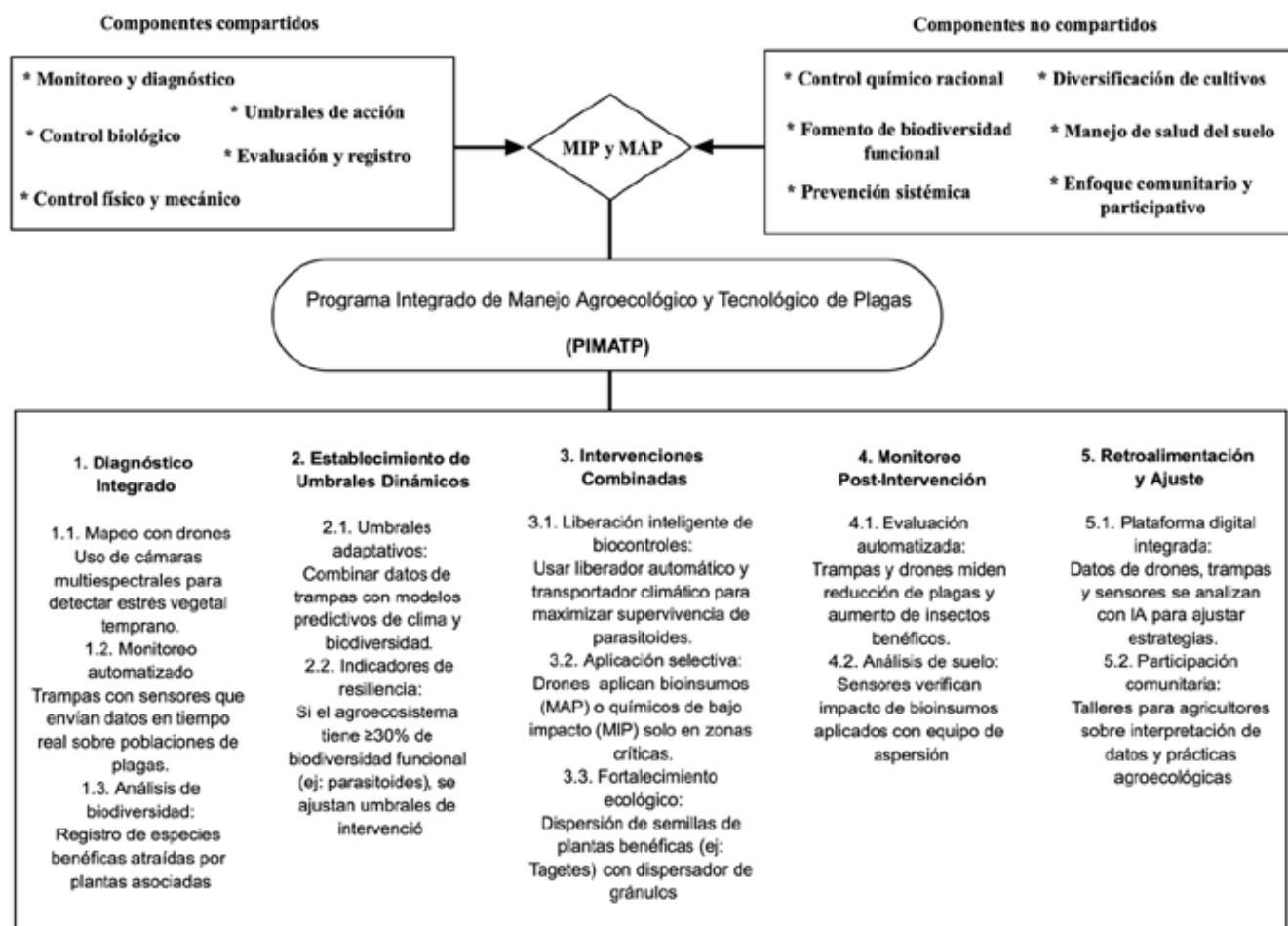


Figura 1. Componentes integrados del MIP y MAP en el PIMATP



## CONCLUSIÓN

El Programa Integrado de Manejo Agroecológico y Tecnológico de Plagas (PIMATP) reduce el uso de plaguicidas sintéticos, promueve la biodiversidad y fortalece la resiliencia de los agroecosistemas. Incluye innovaciones tecnológicas como el dispersador de bionsumos, biocontroles para drones, transportador de biocontroles y trampas automatizadas, desarrolladas por la Universidad de Guadalajara, que ofrecen soluciones accesibles para pequeños y medianos productores. Este enfoque combina conocimiento local, participación de agricultores y un modelo de bioeconomía circular, demostrando en regiones como Jalisco que es posible equilibrar productividad y sostenibilidad ambiental, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La integración de tecnología, agroecología y manejo integrado de plagas impulsa una agricultura sostenible y resiliente, mitigando plagas y asegurando seguridad alimentaria y salud de los ecosistemas para futuras generaciones.

## Referencias Bibliográficas

1. Nodo de inteligencia estratégica SC. Análisis del Impacto Económico de Restricciones sobre la Comercialización de Plaguicidas en la Producción de Cultivos Relevantes del Mercado Agroalimentario Mexicano. México: Protección de Cultivos, Ciencia y Tecnología AC; 2023. Disponible en: <https://www.proccyt.org.mx/wp-content/uploads/2023/08/INFORME-PLAGUICIDAS-230823.pdf>
2. Deguine JP, Aubertot JN, Flor RJ, Lescourret F, Wyckhuys KAG, Ratnadass A. Manejo integrado de plagas: buenas intenciones, duras realidades. Una revisión. *Agron Sustain Dev.* 2021;41:38.
3. Kaur T, Kaur M. Manejo Integrado de Plagas: Un Paradigma para la Era Moderna [Internet]. En: *Plagas, Malezas y Enfermedades en la Producción Agrícola y Ganadera*. London: IntechOpen; 2020.
4. Belmain SR, Tembo Y, Mkindi AG, Arnold SEJ, Stevenson PC. Elements of agroecological pest and disease management. *Elem Sci Anth.* 2022;10(1).



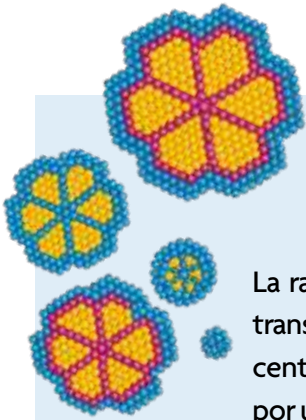
# 10. RABIA: UN VIRUS MORTAL PERO PREVENIBLE

Braulio Alejandro Ortiz González  
Estudiante de la Licenciatura en  
Biología,  
Centro Universitario de Ciencias  
Biológicas y Agropecuarias  
(CUCBA), Universidad de  
Guadalajara, Cam. Ramón Padilla  
Sánchez 2100, Las Agujas, 44600  
Zapopan, Jal.  
Braulio.ortiz8801@alumnos.udg.mx  
<https://orcid.org/0009-0003-0753-5518>

Juan Carlos Lona-Reyes  
Mtro. en C.  
Nuevo Hospital Civil de Guadalajara  
"Dr. Juan I. Menchaca", División de  
Pediatria, Infectología Pediátrica,  
Salvador Quevedo y Zubieta 750, Col.  
Independencia, 44340, Guadalajara,  
Jalisco, México.  
carloslona5@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5507-3931>

José Ángel Regla-Nava\*  
Dr. en C.  
Centro de Investigación  
de Enfermedades  
Infectocontagiosas, Centro  
Universitaria de Ciencias de la  
Salud (CUCS), Universidad de  
Guadalajara, Sierra Mojada 950,  
Col. Independencia, C.P. 44340,  
Guadalajara, Jalisco, México.  
jose.regla@academicos.udg.mx,  
Tel. [52] (33) 1058 5200, Ext. 34192.  
<https://orcid.org/0000-0002-5438-1369>





## RESUMEN

La rabia es una enfermedad viral de origen zoonótico, es decir, que puede transmitirse de los animales a los seres humanos. Afecta el sistema nervioso central y puede ser mortal tanto en personas como en animales. Está causada por un virus del género *Lyssavirus*, de la familia *Rhabdoviridae*, cuya transmisión ocurre principalmente por la saliva de animales infectados a través de mordeduras, y con menor frecuencia, por arañazos. Los principales transmisores son perros, gatos y murciélagos, aunque otros mamíferos también pueden propagarla. En los animales, la rabia suele manifestarse con cambios de comportamiento, agresividad, salivación excesiva o parálisis; en las personas, los síntomas pueden tardar semanas o incluso años en aparecer, y evolucionan rápidamente hacia alteraciones neurológicas graves y la muerte. Como resultado a las campañas de vacunación, México ha logrado eliminar la rabia transmitida por perros y gatos, aunque aún se registran casos aislados asociados al contacto con fauna silvestre. La confirmación del diagnóstico solo puede hacerse una vez que el animal o la persona haya muerto, mediante el análisis del tejido cerebral en el laboratorio. Dado que no existe un tratamiento curativo una vez que se manifiestan los síntomas, la prevención sigue siendo nuestra mejor defensa. La vacunación de los animales domésticos y la atención médica inmediata tras una posible exposición son medidas clave para evitar que esta enfermedad cobre más vidas.

## ¿QUÉ ES LA RABIA?

La rabia es considerada una enfermedad zoonótica transmitida de animales infectados a humanos, que es provocada por un virus diminuto en forma de bala, actuando como un huésped no deseado en nuestro cuerpo. Este virus pertenece a la familia

*Rhabdoviridae* del género *Lyssavirus*, generando una inflamación grave en el cerebro conocida como encefalitis. De acuerdo a la organización panamericana de la salud (OPS) afecta a más de 150 países provocando 60,000 muertes humanas al año <sup>[1]</sup>.

## ¿CÓMO SE TRANSMITE?

Los murciélagos, perros y gatos son los principales animales que pueden portar y transmitir la rabia, ya sea por medio de la saliva o a través de mordeduras. Esto ocurre tanto en zonas urbanas como rurales. Ahora bien, no son los únicos que pueden enfermarse

y contagiar esta enfermedad. Aunque la rabia puede afectar a casi todos los mamíferos, no todos los animales representan el mismo riesgo <sup>[2]</sup>.



## ¿CUÁLES SON LOS SÍNTOMAS EN ANIMALES Y EN PERSONAS?

La rabia afecta el sistema nervioso, como un controlador mental tanto en animales como en humanos, sus síntomas avanzan de forma progresiva. En los animales se presenta en tres etapas: Fase prodrómica, se manifiesta con cambios de comportamiento radicales, fiebre ligera, pupilas dilatadas y salivación abundante. Fase agresiva, el animal intenta morder objetos o personas, vaga sin rumbo y babea de manera constante debido a la parálisis parcial de los músculos de la garganta. Finalmente, llega la fase paralítica, cuando el cuerpo pierde coordinación y fuerza hasta causar la parálisis total y la muerte <sup>[3]</sup>.

En los seres humanos, los síntomas pueden tardar desde semanas hasta más de un año en aparecer tras el contacto con un animal infectado. También progresa en tres etapas. Primero surgen malestares generales, como fiebre, dolor de cabeza, cansancio o molestias en la zona de la mordedura. Luego aparecen síntomas neurológicos: ansiedad, confusión, alucinaciones, sensibilidad a la luz, dificultad para tragar, hidrofobia miedo irracional al agua. En la fase final, la persona puede sufrir parálisis, coma y muerte, generalmente entre una y dos semanas después de que comienzan los síntomas <sup>[3]</sup>.

## ¿CUÁL ES LA SITUACIÓN EN MÉXICO?

La historia de la rabia en México es tan antigua como fascinante. El primer caso ocurrió en 1955 en Taxco, Guerrero, cuando una joven de 17 años fue mordida por un murciélago. Ese suceso marcó el inicio de una larga batalla del país contra este virus.

Más recientemente, en 2022, se reportó un caso en Nayarit provocado por un gato sin vacunar, y en 2025 se confirmaron dos fallecimientos: una joven de 17 años en Zacatecas atacada por un zorrillo silvestre, y un hombre de 68 años en Jalisco infectado tras el contacto con un bovino portador del virus <sup>[2]</sup>.

Durante las décadas siguientes, los brotes de rabia transmitida por animales domésticos llevaron a las autoridades sanitarias del país a implementar diversas acciones. En 1990 se pusieron en marcha las campañas nacionales antirrábicas, centradas principalmente en la vacunación masiva de perros y gatos. El impacto fue trascendental: los casos en animales domésticos disminuyeron drásticamente, hasta que en 2019 la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoció oficialmente a México como país libre de rabia transmitida por perros y gatos. Sin embargo, la rabia no ha desaparecido en su totalidad. Desde el año 2000 hasta 2025, se han registrado alrededor de 60 casos de rabia humana. El último caso de transmisión por un perro ocurrió en 2005, en el Estado de México.



## ¿CÓMO SE DIAGNOSTICA?

Detectar la rabia no es sencillo. Aunque los síntomas pueden orientar al médico o al veterinario, la confirmación definitiva del virus solo puede hacerse mediante pruebas de laboratorio muy específicas. Es importante aclarar que el tratamiento se inicia inmediatamente ante la sospecha clínica sin esperar la confirmación del laboratorio. En la mayoría de los casos, el diagnóstico certero se realiza después del fallecimiento del paciente

ya sea humano o animal, mediante el análisis del sistema nervioso central. Además, los avances científicos han permitido el uso de una técnica moderna como la reacción en cadena de la polimerasa, una herramienta que detecta directamente el material genético del virus en saliva, sangre y cuero cabelludo. Esta prueba es utilizada como apoyo al diagnóstico <sup>[3]</sup>.

## ¿POR QUÉ LA VACUNA ES TU MEJOR DEFENSA?

Cuando se trata de la rabia, la mejor arma no es el tratamiento, sino la prevención. Las campañas nacionales de vacunación antirrábica han sido clave para controlar la enfermedad. El cual se aplica la vacuna Rabiffa que mantiene protegidos a los animales frente al virus <sup>[4]</sup>.

En el caso de las personas, también existe una vacuna eficaz: Verorab, utilizada en México para reforzar la inmunidad humana. Esta solo se aplica cuando existe riesgo de exposición, por ejemplo, tras una mordedura o contacto con un animal silvestre o no vacunado. El tratamiento consiste en una serie de 4 a 5 dosis, que permiten al cuerpo desarrollar los anticuerpos necesarios para bloquear el virus <sup>[5]</sup>.

La rabia es una de las enfermedades más letales conocidas: una vez que aparecen los síntomas, su tasa de letalidad alcanza el 99%. Por eso es fundamental iniciar un tratamiento previo al inicio de los síntomas lo cual incluye la limpieza de la herida, administración de una sustancia llamada inmunoglobulina antirrábica humana que ofrece protección a las personas que no han sido vacunadas y la administración de la vacuna <sup>[4,5]</sup>.

Además, se recomienda pasear siempre a las mascotas con correa, evitar el contacto con animales silvestres y no tocar animales callejeros o desconocidos, incluso si parecen inofensivos <sup>[3]</sup>.



## CONCLUSIÓN

Aunque en México la incidencia de casos de rabia es baja en comparación con otros países, mantenerse informados sigue siendo esencial. Conocer los animales que pueden transmitirla, los síntomas, y las vacunas disponibles en el país permite actuar a tiempo y evitar riesgos innecesarios. A pesar de su baja frecuencia, la rabia continúa siendo un virus mortal, para el cual no existe una cura definitiva.

## Referencias Bibliográficas

1. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Rabia. Washington, D.C.: OPS; [citado 13 Nov 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/rabia>.
2. Dirección General de Epidemiología (México). Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Sistema Único de Información. Ciudad de México: Secretaría de Salud; Gobierno de México [citado 13 Nov 2025]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/direccion-general-de-epidemiologia-boletin-epidemiologico>.
3. Secretaría de Salud (México). Norma Oficial Mexicana NOM-011-SSA2-2011, Para la prevención y control de la rabia humana y en los perros y gatos [Internet]. Ciudad de México: Secretaría de Salud; 2011 [citado 13 Nov 2025]. Disponible en: NOM-011-SSA2-2011 - Para la prevención y control de la rabia humana y en los perros y gatos.
4. AGRICULTURA, SENASICA, Dirección General de Salud Animal, Departamento de Control de Productos. PRODUCTOS BIOLÓGICOS VIGENTES 2025. Ciudad de México: SENASICA; 2025 [citado 2025 nov 13]. Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/productos-registrados-autorizados-regulacion-de-productos-veterinarios>.
5. Secretaría de Salud (SALUD), Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Ficha Técnica Verorab. Ocoyoacac (México): Sanofi Pasteur, S.A. de C.V.; 2024 [citado 2025 nov 13]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/942134/FT\\_VERORAB\\_337M93\\_V-0-2024.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/942134/FT_VERORAB_337M93_V-0-2024.pdf).



# 11. ¿ES SEGURO COCINAR EN OLLAS DE BARRO? ANÁLISIS DE METALES EN ARTESANÍA MEXICANA.

Rivera Márquez Ángel Isaac  
Estudiante licenciatura, CUCEI, UDG

García Delgado Edward Ulrich  
Estudiante licenciatura, CUCEI, UDG

Soltero Sánchez Jazmín del Rocío  
Profesor investigador, CUCEI, UDG  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8926-5969>





## RESUMEN

Las ollas de barro forman parte de nuestra cultura, comúnmente se ha escuchado la expresión: “es que quedan más ricos los frijoles en las ollas de barro”. Más allá de la tradición, surge una pregunta importante: ¿qué tan seguras son estas ollas para nuestra salud?

La presencia de sustancias potencialmente tóxicas en nuestros alimentos es algo que debe llamarnos la atención. En este caso, la presencia de metales no implica un efecto positivo o negativo; lo importante es detectar el tipo de metal y su concentración. Metales como hierro, zinc, entre otros, no suponen mayor inconveniente; sin embargo, otros como el plomo, el arsénico o el cromo sí representan riesgos cuando se liberan en concentraciones elevadas. El esmaltado, el uso o el tratamiento que se le dé a la olla en el proceso artesanal de su producción puede influir en la liberación de determinados metales, que contenga determinado metal no significa que lo libere durante su uso, por lo que es importante evaluar la materia prima y también el producto terminado. Un análisis detallado de estos productos nos puede ayudar a estar más tranquilos al momento de su uso, dado que los procesos artesanales no están sujetos a una normativa regulatoria específica.

Este artículo presenta el análisis de la presencia y concentración de metales en diversas muestras de ollas de barro de Tonalá, junto con la interpretación de su posible impacto en la salud.

Un material que ha estado presente en la Tierra durante millones de años, moldeándose y transformándose con el tiempo, es la arcilla. Este material natural se forma a partir de la descomposición de rocas, cuya composición mineralógica consta mayormente de silicatos de aluminio hidratado, y en menor proporción agua, caliza, carbonatos, metales oxidados, entre otros <sup>[1]</sup>.

Es un material ampliamente utilizado por nuestros antepasados debido a su fácil acceso en nuestras tierras tapatías, gracias a eso fue ampliamente usada en la artesanía local para la elaboración de utensilios en la antigüedad; por tradición y costumbre, el uso de estos productos artesanales permanece en la

actualidad en nuestras localidades <sup>[1]</sup>. Tonalá, municipio de Jalisco (México), es famoso por su amplia cultura y su diversidad de productos artesanales de este tipo, sin embargo, procesos como la “loza vidriada” son de preocupación ya que se recubre el producto con un esmalte impermeable a líquidos, que en algunos casos pueden contener metales pesados entre sus componentes <sup>[1]</sup>.

La ingesta de metales en nuestros alimentos es algo común y en ciertos casos, deseada; ‘fortificación con hierro’, ‘rico en calcio’, ‘contiene magnesio y zinc’ son etiquetas que comúnmente podemos encontrar en productos y no salta a la vista ninguna alarma ya que generalmente son inocuos y hasta beneficiosos para la

<sup>1</sup> Loza vidriada: Recubrimiento que se le da al barro para hacerlo impermeable a líquidos.



salud, pero hay metales que pueden llegar a provocar alguna condición indeseable, Los que generan mayor preocupación son los denominados metales pesados, aquellos que presentan una densidad muy alta y que pueden provocar distintas manifestaciones clínicas al acumularse dentro del cuerpo humano, el plomo, arsénico, mercurio y el cromo son algunos ejemplos de metales que pueden provocar serios problemas de salud [2].

Además, es importante aclarar que la presencia no indica peligro necesariamente, la cantidad puede ser tan ínfima que no represente riesgo, por ello es necesario al momento de evaluar la presencia y la cantidad de esos metales, de esta manera, ya sea por pruebas externas o por normatividad guiarnos y conocer si el producto es apto para el consumo humano [2].

Este estudio constó de tres fases: recolección de muestras, análisis cualitativo y cuantitativo de metales [3]. Este estudio tomó seis muestras: dos cazuelas con esmalte y dos sin esmalte, una cazuela usada, así como una muestra de barro crudo provenientes del municipio de Tonalá.

Los metales encontrados fueron arsénico, manganeso, zinc, hierro, plomo y bario, en la figura 1 se muestra la reacción característica del plomo conocida como "lluvia de oro".

Las mediciones cuantitativas de metales en las ollas de barro revelaron una amplia gama de concentraciones para el manganeso, hierro, plomo y zinc.

| Muestras                | Concentraciones (ppm) |         |          |          |
|-------------------------|-----------------------|---------|----------|----------|
|                         | Magnesio              | Hierro  | Plomo    | Zinc     |
| Cazuela usada           | 56,245                | 11,0767 | 6290,613 | 31,275   |
| Cazuela con esmalte (1) | 54,33667              | 9,3417  | 217,6633 | 25,54167 |
| Cazuela con esmalte (2) | 16,77333              | 13,3433 | 5708,7   | 23,77667 |
| Cazuela sin esmalte (1) | 3,378333              | 12,9033 | 14,09    | 657,04   |
| Cazuela sin esmalte (2) | 36,57667              | 12,415  | 4,931667 | 40,87167 |
| Barro                   | 0,145                 | 17,3817 | 21,34    | 157,9667 |

**Tabla 1.** Resultados cuantitativos de manganeso, hierro, plomo y zinc en ppm (mg/kg)

El plomo mostró concentraciones particularmente elevadas en algunas muestras. Por ejemplo, la "Cazuela usada" y la "Cazuela con esmalte" presentaron los niveles más altos de plomo. Todas las muestras sobrepasan los límites permitidos por la normativa.

En contraste, las "Cazuelas con esmalte" mostraron concentraciones de plomo considerablemente más bajas.

El manganeso y el hierro estuvieron presentes en todas las muestras en diversas concentraciones, siendo el manganeso especialmente abundante en la "Cazuela usada" y la "Cazuela con esmalte".

El hierro, aunque presente en todas, no mostró grandes variaciones como en el plomo.

Las concentraciones de zinc también variaron, destacando la "Cazuela sin esmalte" con un nivel de zinc notablemente superior al de las demás muestras.

El barro crudo presentó las concentraciones más bajas de manganeso y plomo en comparación con las ollas terminadas, mientras que sus niveles de hierro y zinc se encontraban en un rango intermedio.

La NOM-231-SSA1-2016 es una norma oficial mexicana que establece límites máximos permisibles para plomo en artículos de alfarería. El elemento de mayor preocupación es el plomo, y comparando los resultados tanto de la materia prima como de los productos, así como los



**Figura 1.** Reacción característica del plomo: lluvia de oro. Imagen original de autor.



límites permisibles de la NOM-231-SSA1-2016, podemos observar una clara correlación entre el esmalte y el uso con el aumento de la liberación de estos metales [4]. El plomo, especialmente en niños y en mujeres embarazadas, (figura 2) presenta un gran efecto a nivel del sistema nervioso central, que incluso pueden llegar a problemas en el deterioro de aprendizaje, convulsiones, coma e incluso la muerte, es preocupante

haber encontrado niveles exageradamente altos de plomo en las muestras que incluso superan por miles de veces a lo permitido en la normatividad mexicana; igualmente, el arsénico tiene problemas tras ingerirse, cáncer, problemas dermatológicos y enfermedades cardiovasculares son algunas de las complicaciones que le atribuyen a su consumo [2].



**Figura 2.** Representación ilustrativa de malestares relacionados con intoxicación por plomo, como cansancio y dificultad de concentración. Imágenes tomadas de Noticias de la Ciencia, Tu Nota, Freepik e iStock.

En contraparte, el nivel de los demás metales cuantificados no necesariamente indica un riesgo toxicológico real, el hierro, zinc y manganeso son útiles en la dieta ya que son esenciales para que el cuerpo pueda realizar funciones a nivel celular [5] y se necesitan cantidades exageradamente elevadas de ingesta para considerarlas un riesgo real, sin embargo, la ausencia de normatividad y regulaciones estrictas para la elaboración de estos utensilios puede acarrear problemas más graves dependiendo de las necesidades individuales de cada sujeto [2].



## CONCLUSIÓN

En este estudio, aunque presentamos datos hasta cierto punto alarmantes, no pretendemos desestimar el uso de utensilios tradicionales y es de admirarse que costumbres como estas sigan hoy en día entre nosotros, sin embargo, es necesario tomar cartas en el asunto de un potencial problema que puede existir y ver las maneras de solucionarlo debido a que forma parte de la cultura y no sería correcto eliminarlos. El análisis toxicológico de las muestras presentó niveles significativamente elevados de plomo, en donde se observó una clara correlación entre el aumento de la liberación del elemento y la presencia de esmaltes, así como una correlación entre el aumento de liberación de plomo con el aumento del uso de la cazuela. De igual forma, el arsénico implica riesgos significativos asociados a su ingesta. Esto nos hace proponer algunas alternativas como el uso de algún esmalte capaz de retener estos metales y que sea inocuo para la salud, algún método de extracción de metales de la materia prima o regulaciones más estrictas para la producción de estos utensilios.

Porque, al final, los frijoles saben mejor en olla de barro, ¡y se vuelven todavía más ricos cuando tenemos la certeza de que son seguros para nuestra salud!

## Referencias Bibliográficas

1. Velázquez Herrera, F. & Fetter, G. Arcillas – Desvelando sus secretos [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Dirección General de Publicaciones; 2022 [Consultado 11 noviembre 2025]. Recuperado de [https://repositorio.buap.mx/rdgp/public/inf\\_public/2022/4/Arcillas\\_Desvelando\\_sus\\_secretos.pdf](https://repositorio.buap.mx/rdgp/public/inf_public/2022/4/Arcillas_Desvelando_sus_secretos.pdf)
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Interaction profile for: arsenic, cadmium, chromium, and lead [Internet]. Atlanta: CDC; 2004 [Consultado 11 noviembre 2025]. Disponible en <https://www.atsdr.cdc.gov/interaction-profiles/media/pdfs/ip04.pdf>
3. Vilca Yarma, Carolina del Rosario. Utensilios de cerámica como fuente de exposición crónica a plomo residual [Internet]. Ica, Perú: Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"; 2023 [Consultado 11 noviembre 2025]. Disponible en <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fcddb61a-849b-4c08-8aed-8b84e48b2310/content>
4. Secretaría de Salud. NOM-231-SSA1-2016: Artículos de alfarería vidriada, cerámica vidriada, porcelana y artículos de vidrio - Límites máximos permisibles de plomo y cadmio solubles - Método de ensayo [Internet]. México: SSA; 2016 [Consultado 11 noviembre 2025]. Disponible en [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5458225&fecha=25%2F10%2F2016](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5458225&fecha=25%2F10%2F2016)
5. Sánchez, S. Intoxicación por metales pesados: causas, síntomas y tratamiento [Internet]. Alcobendas (Madrid): VIVOLABS; 2021 [Consultado 11 noviembre 2025]. Disponible en: <https://vivolabs.es/intoxicacion-por-metales-pesados-causas-sintomas-y-tratamiento/?srsltid=AfmBOorCPTXTOH8HexEdHDuS7Rrqqm8QuOhLvRruzDXtdKFOJom7YsIU>

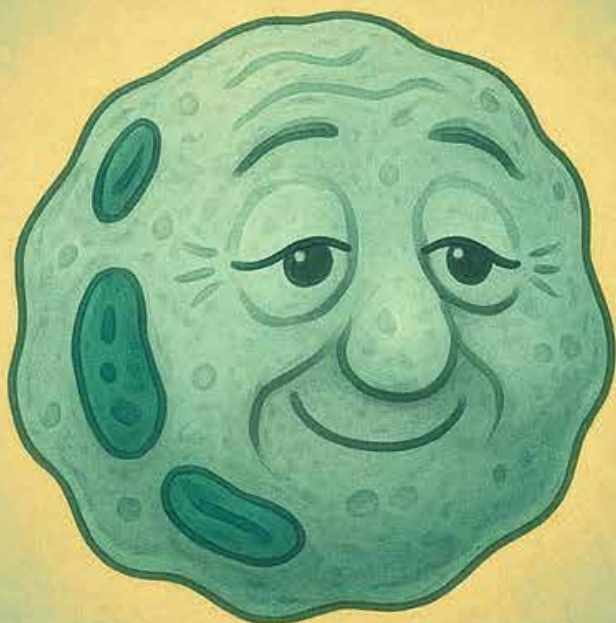


# 12. CÉLULAS "ZOMBIS" EN EL CÁNCER: ¿FRENO PROTECTOR O ACELERADOR TUMORAL?

Edgar Ruiz Velasco Niño  
Médico especialista en Hematología,  
Doctorante en ciencias del programa de  
Bioquímica molecular y traslacional.  
Universidad de Guadalajara  
Correo: edgar.ruizvelasco9727@  
alumnos.udg.mx  
ORCID: 0009-0002-3185-0481.

Alejandra Meza Ríos  
Doctora en ciencias, Profesor Docente  
Asociado A CUCEI  
Universidad de Guadalajara  
Correo: alejandra.mezarios@academicos.  
udg.mx  
ORCID: 0000-0002-1322-1684

Montserrat Álvarez Zavala\*  
Doctora en ciencias (inmunología),  
actualmente profesor adjunto del  
departamento de clínicas medicas en el  
centro universitario de ciencias exactas e  
ingenierías.  
Universidad de Guadalajara  
Correo: montserrat.zavala@academicos.  
udg.mx  
ORCID: 0000-0003-0242-239X





## RESUMEN

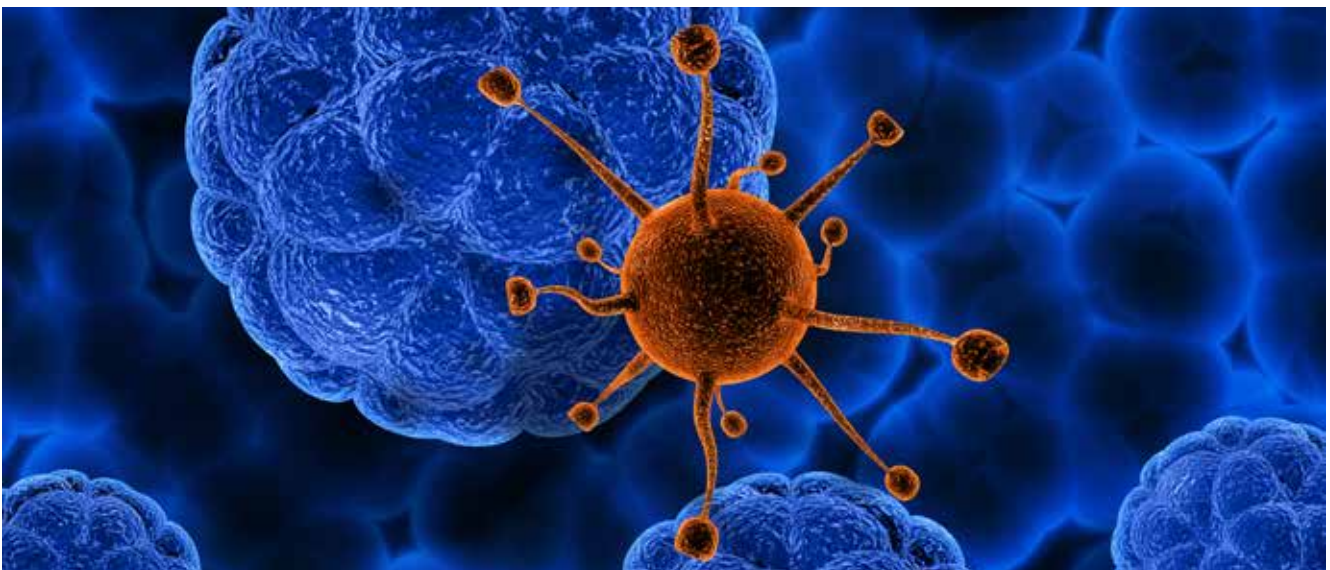
El cáncer surge por una división celular descontrolada. Para limitarlo, los organismos activan mecanismos como la senescencia celular: un "freno de mano molecular" que pone a las células en "hibernación irreversible" y recluta al sistema inmune para eliminarlas.

Sin embargo, aquí yace la paradoja: si falla esta eliminación, las células senescentes sobreviven y, mediante sus señales químicas, crean un microambiente que sabotea las defensas inmunes, alimenta el tumor y promueve resistencia a fármacos. Así, el "freno" se transforma en un "acelerador", creando células "zombificadas" que contagian su agresividad a otras.

Comprender este doble filo es crucial para desarrollar nuevas estrategias contra el cáncer. Analizaremos cómo estas células "zombis" podrían ser la clave para vencer la enfermedad.

## CICLO CELULAR “LA FÁBRICA CONSTANTE DE LA VIDA”

Todos los organismos estamos compuestos de células, unidades microscópicas con un funcionamiento casi perfecto. Sin embargo, durante el crecimiento y la vida, pueden ocurrir errores. La célula posee mecanismos especializados para detectarlos, repararlos o, si es necesario, autodestruirse mediante muerte celular para evitar propagar el daño.



## ¿QUÉ ES EL CÁNCER?

El cáncer es un conjunto de enfermedades de impacto global. Solo en 2022 se reportaron 20 millones de nuevos casos y 9.7 millones de muertes en el mundo [1]. En México, la incidencia es de unos 195 mil casos anuales, con cánceres como el de pulmón y mama entre los más frecuentes.

De forma simple es el proceso descontrolado de crecimiento celular, a este proceso le llamamos “clonalidad” que inicia con una célula madre con mutaciones en

su ADN<sup>1</sup> que prolifera sin control, generando células con los mismos errores. Estas alteran la función del tejido lo que lleva a complicaciones que asociamos a la enfermedad.

El cáncer es uno de los mayores retos en medicina y ciencia. Su tratamiento incluye quimioterapia, inmunoterapia, radioterapia y terapia celular, pero estos suelen tener efectos secundarios, lo que añade otra capa de dificultad.

## SENESCENCIA CELULAR: EL FRENO DEL CICLO CELULAR QUE CREA CÉLULAS “ZOMBIS”

¿Qué son estas células “zombis” o en términos más técnicos células senescentes? ¿Y qué participación tiene en el cáncer?

"Etimológicamente, 'senescencia' significa 'envejecer'. Es como si la célula entrara en una vejez prematura, acelerada y forzada. La senescencia la detiene de golpe, activando un 'freno de mano molecular'. ¿Cómo lo hace? Inhibiendo unas proteínas clave llamadas ciclinas, el trabajo de estas proteínas es impulsar el ciclo, controlar y verificar el correcto funcionamiento.

Al bloquear la acción de la ciclina, la célula entra en un estado de reposo irreversible. Una causa de senescencia es el acortamiento de los telómeros<sup>2</sup>, los ‘capuchones’ protectores del ADN que se desgastan con cada división celular, Tras muchas divisiones, se desgastan por completo, lo que la célula interpreta como un daño irreparable y activa senescencia, limitando así su propia capacidad de envejecer [2], es relevante mencionar que la acumulación de células senescentes es uno de los sellos característicos del inicio del envejecimiento del organismo. Desde su descubrimiento en 1960, hoy sabemos que la senescencia es un sello de envejecimiento y su estudio es prioritario para comprender su impacto en la salud [3].

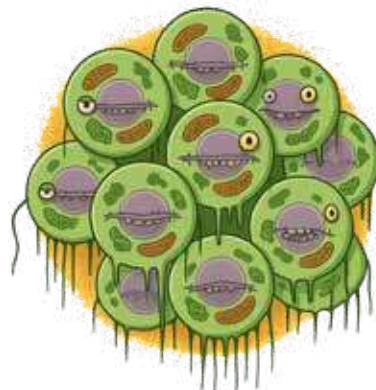


Figura 1. Células "Zombis" como alegoría en la senescencia celular

La célula senescente adquiere un fenotipo<sup>3</sup> secretor proinflamatorio (SASP<sup>4</sup>), que libera señales químicas. En un principio, este es un 'grito de auxilio' que recluta al sistema inmunitario para que identifiquen y eliminen a la “célula zombi”. Este llamado es un sistema de autolimpieza que de forma regulada. De hecho, en etapas tempranas de algunos cánceres, se ha observado que este mecanismo es beneficioso llevando a las células precancerosas a envejecer y marcándolas para su destrucción, por parte del sistema inmune, iniciando un proceso de frenado del cáncer, bajo un mecanismo que se puede describir como la eliminación de lo propio transformado a algo maligno por acción del sistema de defensa [2, 3].

<sup>1</sup> ADN: (ácido desoxirribonucleico) código genético presente en todas nuestras células

<sup>2</sup> Telómeros: Estructuras de ADN repetitivo ubicadas en los extremos de los cromosomas, que previenen la pérdida de información genética durante la replicación celular.



La senescencia tiene un efecto dual en cáncer: inicialmente frena el tumor, pero puede volverse perjudicial, llegándose a considerar el uso de inductores de senescencia o medicamentos pro-senescencia,

muchos de los fármacos que hoy en día llamamos quimioterapia, son catalogados como inductores de senescencia [2].

## EL LADO OSCURO DE LA SENESCENCIA

El problema surge cuando el SASP se vuelve crónico. El ambiente inflamatorio persistente confunde al sistema inmune, en lugar de eliminar, termina protegiendo a la célula maligna. Peor aún, las señales del SASP pueden estimular la proliferación de células vecinas. Así, el 'freno de mano' molecular se transforma en un 'acelerador' tumoral [3,4].

El SASP puede sabotear la respuesta inmune, alimentar el tumor, promover metástasis y generar resistencia a fármacos.

Es como si estas células zombis mediante sus proteínas proinflamatorias, contagiaran el comportamiento agresivo a las células tumorales vecinas y a su vez las protegieran.

Como en la ficción, un zombi lento pero persistente, al morder, convierte a otros. Así las células senescentes crean un ejército de células cancerosas, agresivas y resistentes, perpetuando la progresión del tumor [4].

Por eso, para evitar recaídas, se emplean terapias de consolidación tras el tratamiento principal oncológico. La respuesta a por qué un paciente debe continuar el tratamiento incluso después de eliminar el tumor visible, está en estas células zombis. El tratamiento inicial puede eliminar la masa tumoral, pero a menudo deja un 'rastros' de células senescentes remanentes con potencial de reavivar la enfermedad. Son estas células las que las terapias de consolidación buscan erradicar.

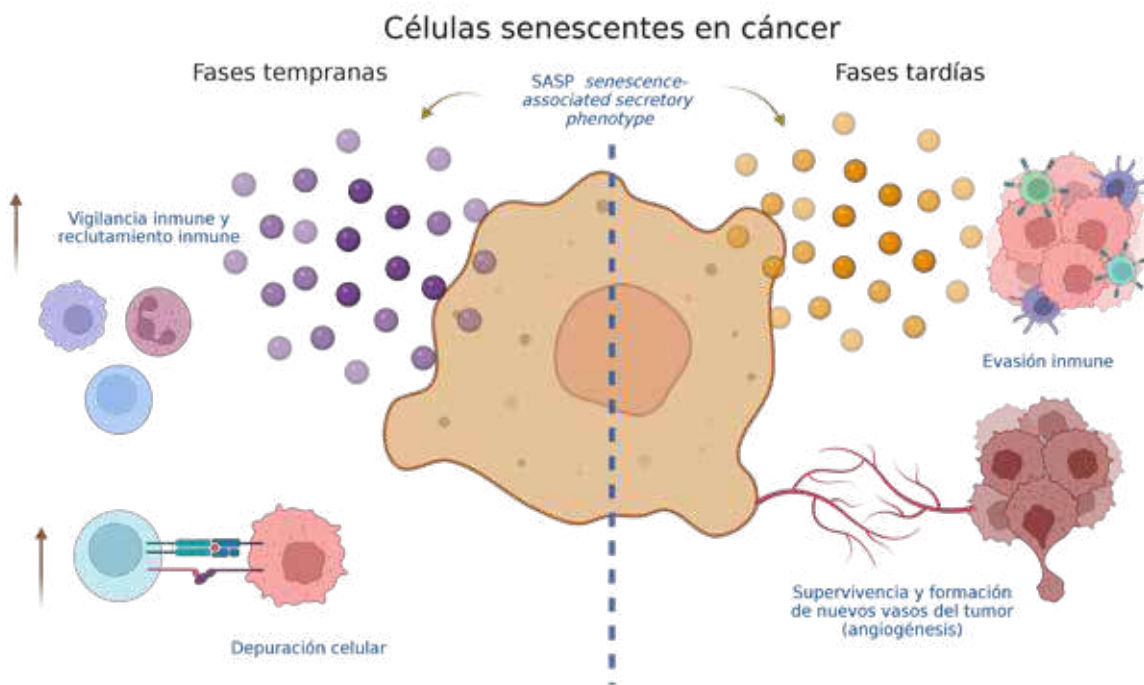


Figura 2: Dualidad de la senescencia en el cáncer

3. Fenotipo: Conjunto de características observables de un organismo o célula, resultado de la interacción entre sus genes y el ambiente.

4. SASP: (Senescence-Associated Secretory Phenotype); Fenotipo secretor asociado a senescencia. Se refiere al conjunto de sustancias inflamatorias y otras moléculas que liberan las células senescentes.



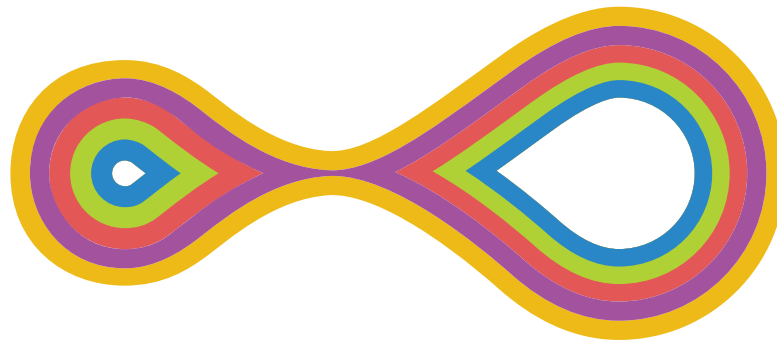
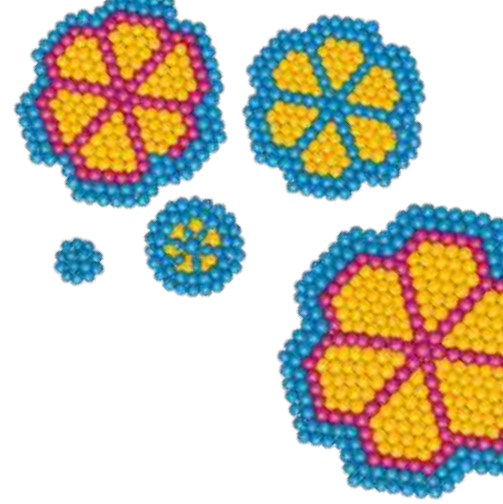
## CONCLUSIÓN

La senescencia celular revela un doble filo crucial en el cáncer: mientras puede frenar tumores incipientes, también puede convertirse en un acelerador de la enfermedad. Comprender este balance no solo redefine nuestra visión del envejecimiento celular, sino que abre la puerta a nuevas estrategias terapéuticas. Estos avances podrían transformar radicalmente el manejo del cáncer, un desafío de salud pública global.

### Referencias Bibliográficas

1. The Global Cancer Observatory | Globocan 2022 (version 1.1) - 08.02.2024, disponible en: <https://gco.iarc.who.int/en>.
2. Muñoz-Espín D, Serrano M. Cellular senescence: from physiology to pathology. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2014 Jul;15(7):482-96. doi:10.1038/nrm3823.
3. ang J, Liu M, Hong D, Zeng M, Zhang X. The Paradoxical Role of Cellular Senescence in Cancer. *Front Cell Dev Biol.* 2021;9:722205. doi: 10.3389/fcell.2021.722205.
4. Huang, X. S., Wang, Z. R., Wu, B. M., & Song, W. W. (2025). The dual role of cellular senescence in tumor occurrence and development. *Discover Medicine*, 2, 264.





## ***Traslación: moviendo ciencia***



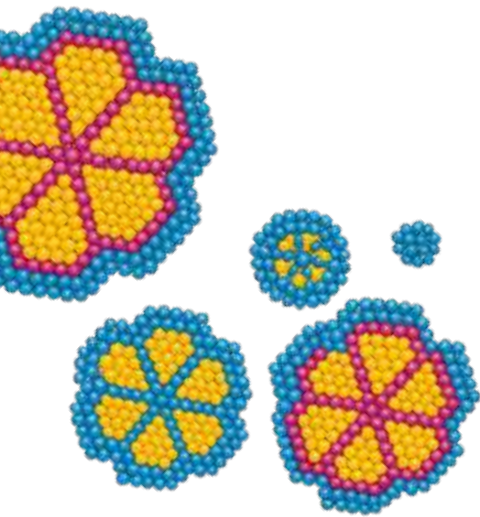
UNIVERSIDAD DE  
GUADALAJARA  
Rod Universitaria e Institución Benemérita de Jalisco

**CUCEI**  
CENTRO UNIVERSITARIO DE  
CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS



**COECYTJAL**  
Consejo Estatal de Ciencia  
y Tecnología de Jalisco

  
**CIATEJ**



**100**  
— años —  
de pensar y trabajar