

# CON EVIDENCIA

Ciencia al servicio de la sociedad

Año 2, Núm. 5 | Enero 2025

ISSN 3061-7286



9 773061 728008

Distribución gratuita.  
Prohibida su venta

Revista de Divulgación e Innovación del CUCS

SALUD AL DÍA

## Mujeres que desafiaron fronteras:

impacto y legado en la ciencia [p. 15]

CIENCIA EN BREVE

Sobreviviendo a una complicación rara del embarazo [p. 4]

POR TU BIENESTAR

Vapeo, la moda peligrosa: lo que debes saber [p. 36]

CRONOCIENCIA

Protagonismo femenino: Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia [p. 56]

CUNIVERSO EN ACCIÓN

Las Clínicas Odontológicas Integrales de la Universidad de Guadalajara [p. 60]

VOCES DE LA CIENCIA

Dra. Juliana Marisol Godínez Rubí. Las neurociencias, una aventura científica y humana [p. 61]



**Con Evidencia**, Año 2, No. 5, enero-marzo 2025, es una publicación trimestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Centro de Innovación Social y Emprendimiento Sostenible de la Coordinación de Ecosistemas para el Aprendizaje, del Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS). Sierra Mojada #950, Edificio C, CUCS, Col. Independencia, C.P. 44340. Guadalajara, Jalisco, México. Tel. +52 33 1058 5200, ext. 34139, <https://www.cucs.udg.mx/>, [conevidencia@cucs.udg.mx](mailto:conevidencia@cucs.udg.mx). Editor responsable: Francisco Javier Turrubiates Hernández. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-022912354900-102, ISSN: 3061-7286, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de éste número: Centro de Innovación Social y Emprendimiento Sostenible, CUCS. Sierra Mojada #950, Edificio C, CUCS, Col. Independencia, C.P. 44340. Guadalajara, Jalisco, México, Francisco Javier Turrubiates Hernández. Fecha de la última modificación: 1 de enero de 2025.

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.

# CON EVIDENCIA

**Ciencia al servicio de la sociedad**  
Revista de Divulgación e Innovación del CUCS

Número 05 | Enero de 2025

## DIRECTORIO

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

### Rector General

Dr. Ricardo Villanueva Lomelí

### Vicerrector Ejecutivo

Dr. Héctor Raúl Solís Gadea

### Secretario General

Mtro. Guillermo Arturo Gómez Mata

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD

### Rector

Dr. José Francisco Muñoz Valle

### Secretaría Académica

Dra. Beatríz Verónica Panduro Espinoza

### Secretaría Administrativa

Dra. Saralyn López y Taylor

### Coordinadora de Investigación

Dra. Edith Oregon Romero

### Coordinador de Extensión

Mtro. Javier Alonso López Chávez

### Coordinador de Ecosistemas para el Aprendizaje

Dr. Cristian Oswaldo Hernández Ramírez

### Unidad de Innovación Social y Emprendimiento Sostenible

Dr. Francisco Javier Turrubiates Hernández

### Centro Universitario de Ciencias de la Salud

Sierra Mojada 950, Col. Independencia,  
C.P. 44340, Guadalajara, Jalisco, México  
Teléfono: +52 (33) 1058 5200

## COMITÉ EDITORIAL

### Director Fundador

José Francisco Muñoz Valle

### Director General

Francisco Javier Turrubiates Hernández

### Editor Ejecutivo

Alexis Missael Vizcaíno Quirarte

### Editores Asociados

Edith Oregon Romero

Oliver Viera Segura

Hazael Ramiro Ceja Gálvez

Javier Alonso López Chávez

Cristian Oswaldo Hernández Ramírez

Ilce Valeria Román Fernández

Alma Marina Sánchez Sánchez

Ma. de los Ángeles Villegas Rodríguez

### Equipo de Diseño y Edición

ALFABÉTICA



# CON EVIDENCIA

## Contenido

### CIENCIA EN BREVE

- Sobreviviendo a una complicación rara del embarazo ..... 4
- La neutropenia congénita: importancia del gen *ELANE* y su implicación en la enfermedad ..... 6

### SALUD AL DÍA

- Importancia de la vitamina D durante el embarazo: impacto en la madre, placenta y feto..... 11
- Mujeres que desafiaron fronteras: impacto y legado en la ciencia ..... 15
- La terapia de remplazo hormonal en la salud de las mujeres posmenopáusicas ..... 20
- Explorando los microsátélites: una estrategia para elegir tratamientos contra el cáncer de próstata..... 23
- Inmunidad entrenada: un nuevo horizonte en la comprensión del sistema inmunológico ..... 28
- Cuando el Alzheimer llega antes de lo esperado: la mutación del gen *PSEN1* ..... 32

### POR TU BIENESTAR

- Vapeo, la moda peligrosa: lo que debes saber ..... 36
- Picaduras de alacrán en México: mitos y realidades del tratamiento ..... 39
- Rendimiento en el campo de juego: ¿qué comen las futbolistas de la Universidad de Guadalajara? ..... 42
- La fuerza muscular: el camino hacia una vida saludable ..... 45
- Artrosis: una enfermedad que afecta a tus articulaciones ..... 49
- Vitamina D: ¿estamos todos en riesgo de deficiencia y sus consecuencias? ..... 53

### CRONOCIENCIA

- Protagonismo femenino: Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia ..... 56
- 4 de marzo: Día Mundial de la Obesidad ..... 57
- Zidovudina: el primer medicamento antirretroviral para el tratamiento del VIH ..... 58
- Salk y la victoria sobre la polio: el descubrimiento que salvó millones de vidas ..... 59

### CUNIVERSO EN ACCIÓN

- Las Clínicas Odontológicas Integrales de la Universidad de Guadalajara ..... 60

### VOCES DE LA CIENCIA

- Dra. Juliana Marisol Godínez Rubí. Las neurociencias, una aventura científica y humana ..... 61

## EDITORIAL

El inicio de un nuevo año para *Con Evidencia* marca también el comienzo de un nuevo ciclo lleno de oportunidades para consolidar este proyecto como una plataforma de divulgación científica que actúe como un puente sólido entre la ciencia y la sociedad. El crecimiento constante de nuestra revista nos ha llevado a reflexionar sobre la urgente necesidad de multiplicar los espacios dedicados a la divulgación científica. Por ello, desde el Comité Editorial, seguimos trabajando para ampliar nuestro impacto, impulsados por la visión de democratizar el conocimiento.

Este nuevo año también trae consigo una etapa renovada en la organización del Comité Editorial. Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento al doctor José Francisco Muñoz Valle, cuya visión y liderazgo hicieron posible que este proyecto cobrara vida. Aunque el doctor Muñoz Valle deja la Dirección General, su legado y filosofía de poner la ciencia al servicio de la sociedad continuarán inspirando cada una de nuestras acciones. ¡Gracias por su incansable dedicación!

Al mismo tiempo, celebramos un momento histórico para la Universidad de Guadalajara, ya que la maestra Karla Alejandrina Planter

Pérez ha sido designada por el Consejo General Universitario como Rectora General. Su nombramiento como la primera mujer en ocupar este cargo simboliza un paso firme hacia una academia más igualitaria. En *Con Evidencia*, queremos sumarnos a este reconocimiento al dedicar esta edición a las mujeres, especialmente a aquellas que han transformado la ciencia. El artículo “Mujeres que desafiaron fronteras: impacto y legado en la ciencia”, rinde homenaje a su fortaleza y perseverancia.

Además, este número incluye temas que sin duda despertarán su interés. Se exploran los avances en la inmunidad entrenada y sus implicaciones en la salud, se desmienten los mitos sobre las picaduras de alacrán y sus tratamientos, se analiza la relación entre la fuerza muscular y la salud a lo largo de la vida y se discuten los avances sobre el Alzheimer de inicio temprano en Jalisco.

Los invitamos a sumergirse en estas páginas, reflexionar sobre los contenidos y compartir este valioso conocimiento para continuar construyendo una sociedad más informada y consciente.

**Francisco Javier Turrubiates Hernández**

Director General

*Con Evidencia*

# Sobreviviendo a una complicación rara del embarazo

Mireya Robledo Aceves  
América Aime Corona Gutiérrez  
Eva Elizabet Camarena Pulido

**E**l embarazo, aunque es un proceso natural en la vida de una mujer, no está exento de complicaciones y cada año en todo el mundo mueren poco más de medio millón de mujeres por complicaciones durante el embarazo. Las principales causas de muerte son: el incremento de la presión arterial asociada al embarazo, la embolia pulmonar y el sangrado durante o después del parto [1].

La embolia pulmonar es la obstrucción de la arteria del pulmón con un coágulo que se originó en otra parte del cuerpo, también puede ser por burbujas de aire, grasa o líquido amniótico, que es donde el bebé flota dentro de la matriz de la madre durante el embarazo [1]. Existen factores que durante el embarazo favorecen la presencia de estas sustancias en la sangre y el desarrollo de la embolia pulmonar, como son: la obesidad o sobrepeso, ser portador de alguna válvula cardíaca (dispositivo que ayuda al paso de la sangre en el corazón), anemia (poca cantidad de glóbulos rojos en la sangre), diabetes mellitus (incremento de azúcar en la sangre), hipertensión (elevación de la presión arterial), enfermedades del sistema inmune (enfermedades relacionadas con las defensas), tabaquismo, embarazo gemelar, cirugías como la cesáreas, edad materna mayor de 35 años, múltiples embarazos, inmo-

vilización prolongada, inhibición de la lactancia con medicamentos hormonales, golpes severos, antecedente de obstrucción de venas y arterias en extremidades inferiores y enfermedades hereditarias de la coagulación [1,2].

Los síntomas de la embolia pulmonar durante el embarazo pueden ser muy sutiles como hinchazón de las piernas, palpitaciones, dificultad para respirar, que va incrementando con actividad física cada vez más leve, que se podría considerar normal durante el embarazo, hasta la presencia de dolor de pecho, tos con flemas con sangre, mareos y desmayo. El diagnóstico se realiza por medio de exámenes de sangre (niveles elevados de dímero D) y estudios radiológicos (angiografía pulmonar por tomografía computarizada, donde se observa el trombo) [3,4]. El tratamiento puede ser desde una trombectomía, que es una cirugía para extraer el trombo (coágulo), hasta el uso de anticoagulantes por más de seis meses después del parto [4].

## ¿En qué consistió la investigación?

En el año 2023, se realizó una encuesta telefónica a todas las mujeres que en el periodo de 2015 a 2019 habían presentado durante su embarazo una embolia pulmonar, para ver su estado de



salud actual y si presentaban algún síntoma o secuela después del evento. En este periodo de cinco años, se atendieron once mujeres que presentaron una embolia pulmonar durante su embarazo. Tres presentaron la embolia pulmonar del sexto al noveno mes del embarazo y ocho madres después del parto, durante la cuarentena. De las once mujeres, solo sobrevivieron nueve, que fueron las que contestaron la encuesta. Encontramos que seis madres presentaban secuelas como fatiga, palpitaciones o dificultad para respirar leve en actividad física ligera. Una paciente presentó después de dos años otro evento de trombosis, actualmente con tratamiento anticoagulante por el resto de su vida.

### ¿Qué factores se identificaron en la investigación?

De los factores de riesgo asociados a la embolia pulmonar durante el embarazo, observamos que, de las once mujeres, cinco presentaban sobrepeso y ocho ya habían tenido un embarazo previamente; la edad promedio de las madres fue de 30 años. Nueve de las once mujeres tuvieron a sus hijos por cesárea; respecto a las enfermedades crónicas, una madre tenía diabetes mellitus, otra hipertensión arterial crónica y otra ya había presentado un cuadro de trombosis en otro momento de su vida.

La embolia pulmonar fue más frecuente en nuestra comunidad en comparación con lo observado en Estados Unidos en los mismos años; esto podría estar relacionado con el incremento de los factores de riesgo como es la obesidad o sobrepeso, el mayor número de embarazos en nuestra población y la realización de cesáreas que ha ido incrementando en nuestro país [2].

Existen escasos estudios de seguimiento de las pacientes que sufrieron una embolia pulmonar durante el embarazo. Sin embargo, estos estudios han reportado que al menos la mitad de los pacientes que sufrieron embolia pulmonar quedaron con lesiones cardíacas, manifestadas con la fatiga crónica [2].

## Conclusiones

La embolia pulmonar durante el embarazo, aunque es una complicación rara, puede ser causa de muerte y dejar secuelas cardíacas a largo plazo en las madres. Es necesario no solo dar un seguimiento por varios años a estas pacientes, sino identificar y prevenir los factores de riesgo como la obesidad o el exceso de cesáreas que se realizan en México, para evitar esta complicación.

## Referencias

1. Arias Rodríguez FD, Armijos Quintero DA, Beltrán Vinueza PA, Córdova Macías DV, Guadamud Looor JX, Osojos Moreira WD y col. Diagnóstico y tratamiento de tromboembolia pulmonar. Revisión bibliográfica. *Rev Mex angiología*. 2022;50(3):96-109.
2. Corona Gutiérrez AA, Rosas Gómez ESM, Camarena Pulido EE, López Aceves LJ, Robledo Aceves M, Bañuelos Ávila AJ. Obstetricia Pulmonary embolism and long-term cardiovascular symptoms: a cross-sectional study in Western Mexico. *J. Perinat Med*. 2024;52(2):181-85.
3. Wieggers HMG, Middeldorp S. Contemporary best practice in the management of pulmonary embolism during pregnancy. *Ther Adv Respir Dis*. 2020;14:1-20.
4. Blondon M, Martínez de Tejada B, Glauser F, Righini M, Robert Ebadi H. Management of high-risk pulmonary embolism in pregnancy. *Thromb Res*. 2021;204:57-65.

**Mireya Robledo Aceves** Nuevo Hospital Civil de Guadalajara “Dr. Juan I. Menchaca”.

**América Aime Corona Gutiérrez** Nuevo Hospital Civil de Guadalajara “Dr. Juan I. Menchaca”. Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Eva Elizabet Camarena Pulido** Nuevo Hospital Civil de Guadalajara “Dr. Juan I. Menchaca”. Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [mrobledo@hcg.gob.mx](mailto:mrobledo@hcg.gob.mx)

A woman in a white lab coat is shown from the chest up, holding a glowing, particle-based DNA double helix structure with both hands. The background is a soft, out-of-focus grey. The overall tone is scientific and professional.

# La neutropenia congénita: importancia del gen *ELANE* y su implicación en la enfermedad

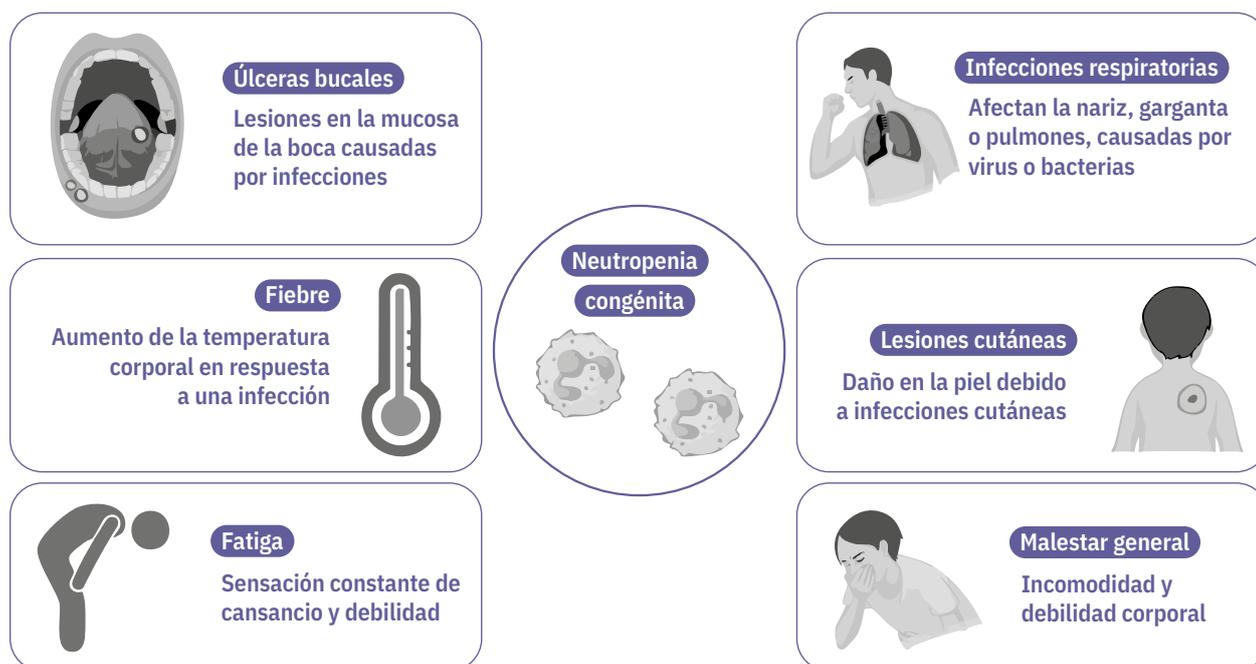
Ingrid Berenice Montoya Delgado  
Bricia Melissa Gutiérrez Zepeda  
Antonio Quintero Ramos

La neutropenia ocurre cuando una persona tiene menor número de neutrófilos, un tipo de glóbulos blancos, que son las células del sistema inmune encargadas de combatir infecciones, especialmente las causadas por bacterias. La neutropenia congénita (NC) es una condición en la que alguien nace con un bajo nivel de estos neutrófilos debido a defectos genéticos. Esto significa que el cuerpo no produce suficientes de estas células esenciales para defenderse de infecciones. Las personas con NC tienen menos protección frente a bacterias y otros gérmenes, lo que las hace más propensas a sufrir infecciones frecuentes y graves desde una edad temprana (figura 1) [1].

La falta de neutrófilos se puede presentar en tres formas distintas de acuerdo con su temporalidad: 1) neutropenia cíclica, se presenta con conteos reducidos de neutrófilos cada 21 días, 2) neutropenia intermitente, alternando entre momentos con niveles normales de neutrófilos y otros en los que baja mucho, y 3) neutropenia permanente, cuando los niveles de neutrófilos permanecen bajos todo el tiempo [2]. La gravedad de la neutropenia se clasifica según el recuento de neutrófilos en sangre y dicho recuento se expresa en microlitros ( $\mu\text{L}$ ), que son la milésima parte de un mililitro. Cabe mencionar que los valores normales de neutrófilos en

sangre varían de acuerdo con la edad, siendo que partir del primer año de vida, el rango normal de neutrófilos es de 1 500 a 8 500 células/ $\mu\text{L}$ . La neutropenia es leve cuando los niveles están entre 1 000 y 1 500 células/ $\mu\text{L}$ , moderada cuando los valores de neutrófilos oscilan entre 500 y 999 células/ $\mu\text{L}$ , severa cuando los valores de neutrófilos están entre 200 y 400 células/ $\mu\text{L}$  y profunda cuando los neutrófilos son menos de 200 células/ $\mu\text{L}$  [3].

Esta enfermedad generalmente es causada por mutaciones, lo cual es un cambio o error que ocurre en el material genético (ADN) de una persona. El ADN es como un manual de instrucciones que le dice a las células cómo funcionar y qué hacer; está compuesto por una serie de moléculas químicas llamadas bases nitrogenadas que pueden ser de cuatro tipos: adenina (A), timina (T), citosina (C) y guanina (G). Cuando ocurre una mutación (cambio en la secuencia u orden de las letras A, T, C o G), es como si una de las instrucciones se cambiara o se dañara, lo que puede causar que las células no funcionen

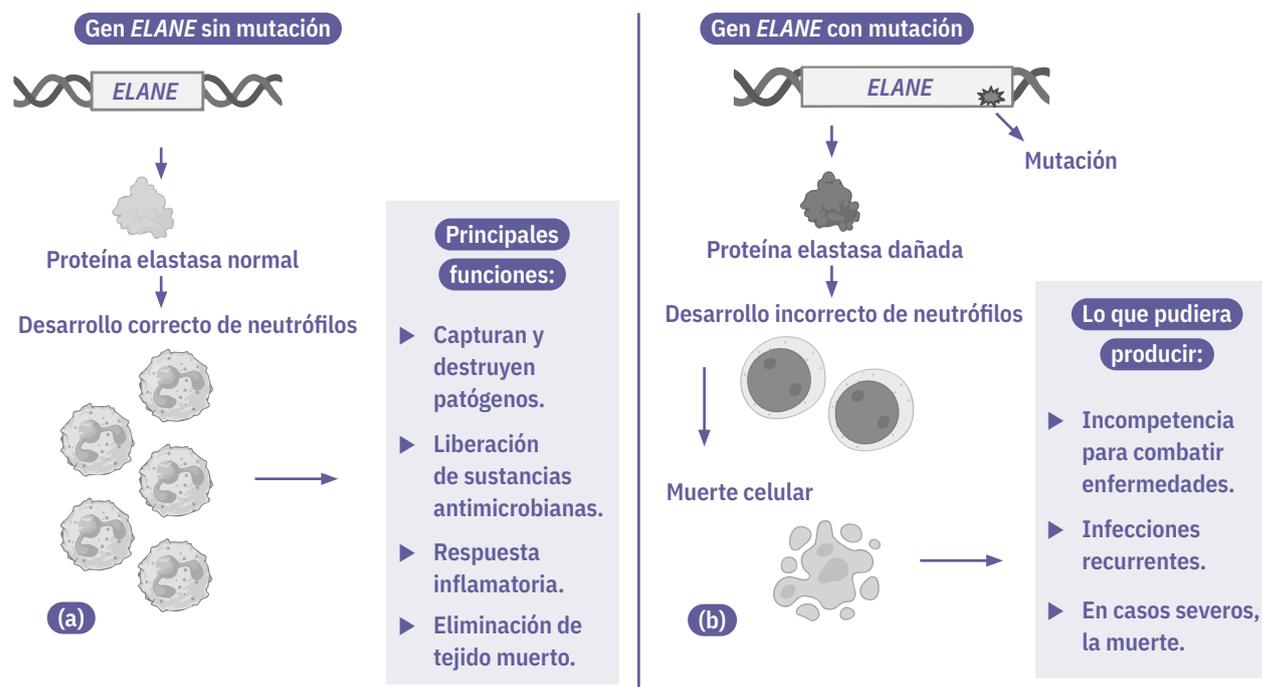


**Figura 1.** Signos y síntomas claves de la neutropenia congénita. Signos y síntomas más comunes de la NC, una condición en la que el cuerpo no produce suficientes neutrófilos, células clave para combatir infecciones. Los síntomas incluyen úlceras bucales, infecciones respiratorias, lesiones cutáneas e infecciones recurrentes. También es común la fiebre, fatiga y malestar general. Estos síntomas reflejan la incapacidad del cuerpo para defenderse adecuadamente de patógenos, lo que aumenta la susceptibilidad a infecciones severas desde el nacimiento. Elaborado en BioRender.com.

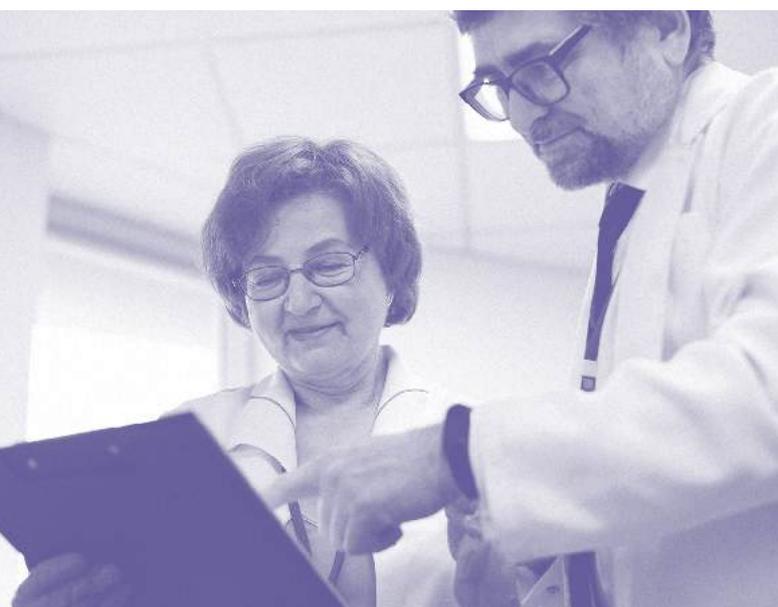
correctamente o que haya problemas en el cuerpo. Algunas mutaciones pueden no causar daño, pero otras pueden provocar enfermedades o condiciones genéticas que se pueden heredar.

En el caso de pacientes con NC, las mutaciones suelen ocurrir en diferentes genes, dentro de los que se encuentra el gen *ELANE*, el cual contiene las instrucciones para fabricar una proteína (de nombre elastasa) que se encuentra dentro de los neutrófilos, necesaria para defender al cuerpo y ayudar en el proceso de inflamación (figura 2). Cuando hay una mutación en el gen *ELANE*, los neutrófilos no maduran correctamente, lo que provoca los síntomas de NC. Dependiendo del tipo de mutación, algunas personas pueden tener una versión más severa y permanente de la enfermedad, mientras que otras experimentan ciclos en los que los síntomas van y vienen. Además, las personas con NC tienen un mayor riesgo de desarrollar leucemia, un tipo de cáncer propio de los glóbulos blancos [4].

En este contexto, se reportó un estudio realizado en tres pacientes provenientes de dos familias mexicanas, donde se identificaron dos mutaciones en el gen *ELANE*. Una de ellas es la mutación c.607G>C (Gly203Arg), la cual ocurre en una región codificante (c) del ADN, es decir, una región del ADN que sirve para dar instrucciones al momento de construir la proteína. La mutación produce un cambio en la posición 607 del ADN (región codificante), ocasionando una falla al momento de construir la proteína elastasa; en el ADN, donde normalmente debería haber una G, es reemplazada por una C. Mientras que a nivel celular cambia el aminoácido en la posición 203 de la proteína que se está formando. Normalmente, en esa posición hay una glicina (Gly), que es un aminoácido muy pequeño y flexible. Pero debido a la mutación, ahora hay una arginina (Arg), que es mucho más grande y tiene una carga positiva, lo que ocasiona que el neutrófilo no funcione adecuadamente. Dicha



**Figura 2.** Efecto de una mutación en el gen *ELANE* y el desarrollo de los neutrófilos. En la parte izquierda (a), cuando el gen *ELANE* está sin mutación, se produce la proteína de nombre elastasa de manera normal, lo que permite el desarrollo adecuado de los neutrófilos, los cuales cumplen funciones clave en el sistema inmunológico, como defender al organismo de patógenos destruyéndolo y a su vez ayuda a eliminar tejido muerto. A la derecha (b), una mutación en el gen *ELANE* produce una proteína elastasa dañada, lo que lleva a un desarrollo incorrecto de los neutrófilos, a que estos no se produzcan o eventualmente a su muerte celular. Elaborado en BioRender.com.



mutación se determinó en dos hermanas de la primera familia, ambas con diagnóstico de neutropenia congénita severa (NCS). La otra mutación es la c.416C>G (ocasiona un cambio en la posición 416 del ADN codificante), la cual corresponde a un cambio en la molécula C por una G y a nivel celular este cambio afecta la posición 139 de la proteína. Normalmente, en esa posición hay una prolina (Pro), que es un aminoácido con una forma única que hace que la proteína se “doble” de manera específica. Con la mutación, ahora hay una leucina (Leu), que es diferente y no tiene esa misma capacidad de hacer que la proteína se doble de la misma manera, ocasionando así que el neutrófilo no funcione correctamente.

► **Familia 1:** el primer paciente 1 (P1) con la mutación c.607G>C en el gen *ELANE*, fue hospitalizada a los 12 días de nacida, ya que presentaba irritabilidad, fiebre, secreción en los oídos e infección grave (sepsis). Las pruebas de laboratorio reportaron un conteo de neutrófilos de 50 células/ $\mu$ L, además de la alteración de otros parámetros de laboratorio; ¿recuerdas, de acuerdo con el número de células, si la neutropenia era leve, moderada, severa o profunda? A los tres meses de edad inició tratamiento con factor estimulante de colonias de granulocitos (G-CSF), el cual es un medicamento que ayuda a disminuir significativamente las infecciones, aumentando el número de neutrófilos totales en los pacientes, administrándole 30  $\mu$ g/kg al día. Por su parte, la paciente 2 (P2, la segunda hermana) con la misma mutación, fue hospitalizada a los 16 días de nacida por una infección en cordón umbilical, además de infección bacteriana en todo el organismo,

ambas tratadas con antibiótico. A los 41 días de vida comenzó el tratamiento con G-CSF (30  $\mu$ g/kg) al día [4].

► **Familia 2:** la mutación c.416C>G, del gen *ELANE*, fue reportada en un niño (paciente 3, P3) de la segunda familia. Fue el segundo nacimiento de un parto gemelar, hospitalizado a los 2 años por deshidratación severa causada por una infección del aparato digestivo. Cuatro años después, presentó fiebre intermitente e infección en la boca. Después de varios estudios de laboratorio con resultado de neutrófilos de 100 células/ $\mu$ L, el paciente fue diagnosticado con neutropenia intermitente, iniciando el tratamiento con G-CSF (100  $\mu$ g/kg) cada 21 días. De acuerdo con el recuento de neutrófilos, ¿recuerdas qué clasificación de gravedad de enfermedad presentaría el P3? [4]

Los estudios genéticos para identificar las mutaciones se realizaron mediante secuenciación Sanger y secuenciación de nueva generación, dos tecnologías que permiten analizar la composición del ADN con gran precisión. Específicamente en este estudio se diseñó un panel para detectar mutaciones en genes relevantes, como *ELANE*. Se toma una muestra de sangre o saliva y se analiza el ADN para buscar mutaciones en el gen que podrían estar causando el problema, de esta forma demostraron que, en ambas familias, ninguno de sus progenitores portaba la anomalía identificada en su ADN [5], por lo que se considera que ambas mutaciones aquí reportadas se presentaron como un evento nuevo en los tres pacientes de ambas familias. Sin embargo, un dato interesante de la familia 1 es que las dos hermanas presentaron la mutación, lo cual sería inusual como un evento nuevo. Los autores plantearon la hipótesis de que la madre de las pacientes podría ser un caso de mosaicismo (es decir, que podría tener células en su cuerpo con diferentes composiciones genéticas); de ser así, es posible que posea la mutación y la heredó a sus hijas.



## Conclusiones

Los hallazgos mostrados destacan la importancia de identificar mutaciones en el gen *ELANE* y en otros genes, para así diagnosticar y tratar la neutropenia de manera pronta y eficaz. En el estudio al cual se hace referencia en el presente trabajo, los tres pacientes respondieron de manera excelente al tratamiento con G-CSF en dosis seguras, ya que es conocido que el uso prolongado de este medicamento (10-15 años) a dosis altas, mayores a 100 mg/kg, puede ser causal de un tipo de leucemia. Hasta el momento es la mejor opción de tratamiento con la que cuentan los pacientes con neutropenia congénita.

## Referencias

1. Shinwari K, Bolkov MA, Akbar MY, Guojun L, Deryabina SS, Tuzankina IA, *et al.* In silico analysis revealed five novel high-risk single-nucleotide polymorphisms (rs200384291,

rs201163886, rs193141883, rs201139487, and rs201723157) in *ELANE* gene causing autosomal dominant severe congenital neutropenia 1 and cyclic hematopoiesis. *ScientificWorldJournal*. 2022;3356835.

- Sullivan KE, Stiehm ER, eds. *Stiehm's Immune Deficiencies: Inborn Errors of Immunity*. 2nd ed. Academic Press; 2020, 1157 p.
- Liu Q, Sundqvist M, Li W, Holdfeldt A, Zhang L, Björkman L, *et al.* Functional characteristics of circulating granulocytes in severe congenital neutropenia caused by *ELANE* mutations. *BMC Pediatr*. 2019 Jun 8;19(1):189.
- Núñez-Núñez ME, Lona-Reyes JC, López-Barragán B, Cruz-Osorio RM, Gutiérrez-Zepeda BM, Quintero-Ramos A, *et al.* Case report: characterization of known (c.607G>C) and novel (c.416C>G) *ELANE* mutations in two Mexican families with congenital neutropenia. *Front Immunol*. 2023;14:1194262.
- Rubio S, Pacheco-Orozco RA, Gómez AM, Perdomo S, García-Robles R. Secuenciación de nueva generación (NGS) de ADN: presente y futuro en la práctica clínica. *Univ Méd Bogotá*. 2020;61(2):1-14.

**Ingrid Berenice Montoya Delgado** Doctorado en Genética Humana, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara. Laboratorio de Inmunología, Departamento de Fisiología, CUCS, UdeG.

**Bricia Melissa Gutiérrez Zepeda** Doctorado en Genética Humana, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara. Laboratorio de Inmunología, Departamento de Fisiología, CUCS, UdeG.

**Antonio Quintero Ramos** Laboratorio de Inmunología, Departamento de Fisiología, CUCS, UdeG. Unidad de Investigación Biomédica 02, Hospital de Especialidades, Unidad Médica de Alta Especialidad, Centro Médico Nacional de Occidente, IMSS.

Contacto: [antonio.qramos@academicos.udg.mx](mailto:antonio.qramos@academicos.udg.mx)



# Importancia de la vitamina D durante el embarazo: **impacto en la madre, placenta y feto**

Lorenza Díaz Nieto  
Verónica Zaga-Clavellina  
Andrea Olmos-Ortiz

Mucho se ha hablado acerca de los efectos benéficos de la vitamina D (VD) en el fortalecimiento de los huesos y la respuesta inmunológica. Sin embargo, ¿has oído hablar de su beneficio durante el embarazo y qué hace a nivel de la placenta? Acompáñanos a revisar este interesante tema.

## ¿La VD es una vitamina o una hormona?

En primer lugar, es importante saber qué es la VD y de dónde se obtiene. Una vitamina es una sustancia esencial para que nuestro cuerpo se desarrolle, funcione bien y permanezca saludable. La mayoría de las vitaminas no pueden ser producidas por el cuerpo, por lo que deben obtenerse a través de la dieta. La VD es única en el sentido de que la mayor parte de ella se hace en la piel cuando nos exponemos a la luz del sol. Así, aunque te suene curioso, en ese aspecto actuamos un poco como plantas, ya que “fotosintetizamos” VD. Sin embargo, es posible también consumirla en la dieta, encontrándose en ciertos alimentos como el pescado, el huevo, productos lácteos, hongos y suplementos. Una vez dentro de nuestro cuerpo, la VD sufre una serie de transformaciones necesarias para que se active, es decir, que pueda tener algún efecto biológico. Esto lo hace pasando por el hígado y los riñones, en donde se modifica secuencialmente para que finalmente se obtenga su forma hormonal activa, conocida como calcitriol (figura 1). El calcitriol es una hormona en toda la amplitud de la palabra, ya que es producida por una glándula de nuestro cuerpo, se libera al torrente sanguíneo y viaja a diferentes lugares para regular funciones corporales. La VD tiene entonces una forma de vitamina y otra de hormona [1].

## ¿Cuáles son los efectos de la VD?

Como ya dijimos, quien media los efectos de la VD es el calcitriol. Esto lo hace interactuando con una proteína conocida como receptor de la VD (VDR), por lo que el calcitriol actúa en donde

se localiza dicho receptor. Sus efectos son muy variados: en primer lugar, están los efectos clásicos, relacionados con el manejo del calcio y fósforo. A nivel del intestino, el calcitriol aumenta la absorción de calcio, pero también puede liberarlo de nuestros huesos cuando no consumimos suficientes alimentos ricos en este mineral. Y es que el calcio es muy importante para funciones vitales del cuerpo, como la formación y el mantenimiento de huesos y dientes, la transmisión de impulsos nerviosos y la contracción muscular. Otros efectos importantes de la VD son los que ejerce en el sistema inmunológico. Ahí, el calcitriol induce la producción de unas pequeñas proteínas conocidas como péptidos antimicrobianos, que son capaces de matar microorganismos que nos hacen daño, incluidos bacterias, hongos y virus [1]. Por otro lado, el calcitriol también puede combatir el cáncer, evitando que se desarrollen tumores en nuestro cuerpo. Pero esa es otra historia que te contaremos en otro momento, ya que este artículo se enfocará en los efectos del calcitriol en el embarazo. Sin embargo, ahora puedes entender por qué la deficiencia de VD se asocia con infecciones, huesos débiles, cáncer y otras enfermedades.

## Efectos de la VD en el embarazo

Los efectos biológicos de la VD durante el embarazo se pueden categorizar en cuatro áreas principales:

- 1. Modulación de la inflamación:** el calcitriol reduce la cantidad de moléculas inflamatorias, manteniendo así una respuesta inmunológica equilibrada. Esto lo hace a través del VDR que se expresa en las células de la madre, de la placenta y del feto, evitando el rechazo del bebé.
- 2. Refuerzo de las defensas placentarias:** la placenta es un órgano blanco del calcitriol, pero también es fuente de esta hormona, ya que contiene VDR y la maquinaria necesaria para activar la VD. La VD llega de la madre hacia la placenta, en donde se usa para producir calcitriol (figura 1). Luego, interac-

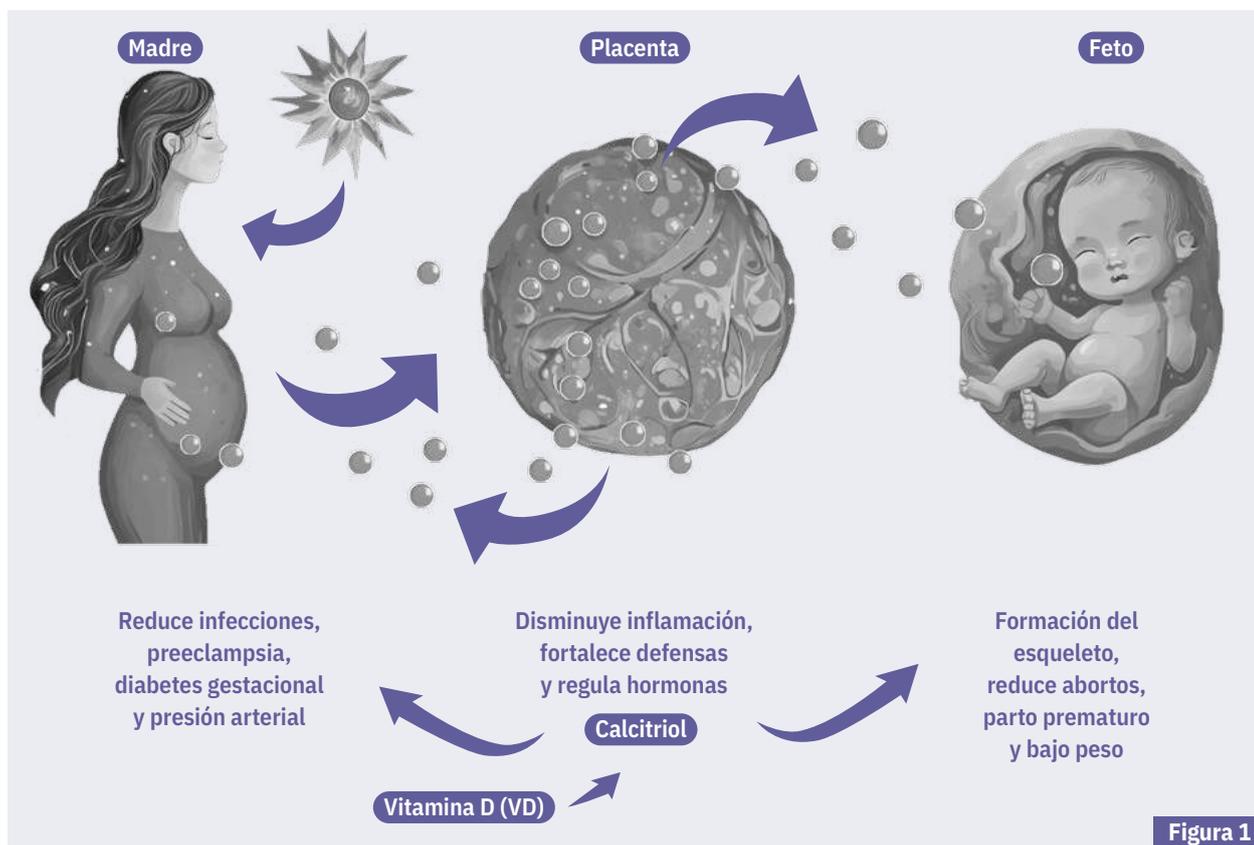


Figura 1

tuando con el VDR presente en las células placentarias, induce la producción de péptidos antimicrobianos, ayudando así en la defensa contra las infecciones.

- 3. Regulación de la producción de hormonas en la placenta:** el calcitriol producido en la placenta también modifica la producción de hormonas vitales para el embarazo, como lo son la progesterona, la gonadotropina coriónica y el estradiol, entre otras, contribuyendo así a mantener un embarazo saludable.
- 4. Regulación de la presión arterial materna:** el calcitriol que se produce en la placenta puede pasar a la circulación sanguínea de la madre, alcanzando a las células que tienen VDR, como las de los riñones. Ahí, el calcitriol reduce la cantidad de renina, lo que resulta en la disminución de la presión arterial materna. La renina es una proteína que favorece la retención de sodio y agua, provocando la elevación de la presión arterial. En mujeres embarazadas, se ha descrito una asociación inversa entre la cantidad de calcitriol que se encuentra en la sangre del cordón umbilical y la presión arterial materna [2].

Como se observa, el impacto de la VD durante el embarazo ocurre a distintos niveles que interactúan entre sí: la madre, la placenta y el feto (figura 1).

## ¿Cómo afecta la deficiencia de VD al embarazo y al bebé?

Una de las etapas de la vida en donde la deficiencia de VD tiene su impacto más importante es durante el embarazo, ya que no solo afecta a la madre, sino también al feto en formación. El bebé en el vientre materno depende totalmente de ella para obtener VD, por lo que, si su madre es deficiente, el feto también es deficiente. La deficiencia de VD durante el embarazo está asociada con abortos recurrentes, parto prematuro, bebés pequeños y con bajo peso, y mayor riesgo de desarrollar diabetes e infecciones genitourinarias y dentales. En contraparte, la suplementación con VD puede aumentar el peso del bebé, reduce las posibilidades de tener un aborto espontáneo o muerte fetal, y disminuye el riesgo de otras afecciones del bebé, como el autismo. Asimismo, favorece la adecuada mineralización del esqueleto fetal. Por otro lado, en la madre, la VD reduce el riesgo de preeclampsia (enfermedad hipertensiva del embarazo), diabetes gestacional e infecciones de las vías genitourinarias (figura 1) [3].

## Recomendaciones para la suplementación con VD durante el embarazo

Desafortunadamente, la deficiencia de VD en mujeres embarazadas es muy común, sobre todo en mujeres obesas o de piel oscura. Esto ocurre incluso en países con abundante luz solar, como México, y se explica en parte por la contaminación que bloquea el paso de la luz, el uso de bloqueadores y el realizar pocas actividades al aire libre. Además, dado que la VD es una vitamina de naturaleza lipídica, se puede quedar atrapada en la grasa del cuerpo, lo que explica por qué la deficiencia de VD ocurre más en personas con sobrepeso. La referencia más reciente sobre los niveles adecuados de VD es la guía de práctica clínica de la *Endocrine Society* publicada en junio de 2024 [4]. Ahí se definen los niveles de VD de la siguiente manera:

- ▶ **Suficiencia:** concentración en sangre de VD en su forma 25-hidroxivitamina D (25OHD)  $\geq 20$  ng/mL.
- ▶ **Insuficiencia:** concentración de 25OHD entre 12 y  $< 20$  ng/mL.
- ▶ **Deficiencia:** concentración de 25OHD  $< 12$  ng/mL.

En esta guía, para el caso de las mujeres embarazadas se sugiere la suplementación empírica de VD, dado su potencial para reducir el riesgo de preeclampsia, mortalidad intrauterina, parto prematuro, nacimiento de bebés pequeños y mortalidad neonatal. La suplementación empírica se refiere al consumo de VD que excede la ingesta dietética de referencia, y que se implementa sin realizar pruebas de VD en sangre; es decir, queda a juicio del médico dependiendo de la condición y riesgo particular de cada mujer. Esta suplementación puede incluir el consumo diario de alimentos fortificados y/o formulaciones que contengan VD, como suplementos en pastillas o gotas [4].

## Conclusiones

La VD tiene efectos muy importantes durante el embarazo, actuando a nivel de la madre, la placenta y el feto. Mantiene un embarazo saludable ayudando en la producción hormonal, fortaleciendo las defensas placentarias y controlando la inflamación y la presión arterial. Además, previene el aborto recurrente, las infecciones genitourinarias, la mortalidad intrauterina, el parto prematuro y la preeclampsia, por lo que se sugiere su suplementación empírica en esta etapa.

## Referencias

1. Ellison DL, Moran HR. Vitamin D: Vitamin or Hormone? *Nurs Clin North Am.* 2021;56(1):47-57.
2. Olmos-Ortiz A, Olivares-Huerta A, Garcia-Quiroz J, Avila E, Halhali A, Quesada-Reyna B, *et al.* Cord Serum Calcitriol Inversely Correlates with Maternal Blood Pressure in Urinary Tract Infection-Affected Pregnancies: Sex-Dependent Immune Implications. *Nutrients.* 2021;13(9).
3. Chien MC, Huang CY, Wang JH, Shih CL, Wu P. Effects of vitamin D in pregnancy on maternal and offspring health-related outcomes: An umbrella review of systematic review and meta-analyses. *Nutr Diabetes.* 2024;14(1):35.
4. Demay MB, Pittas AG, Bikle DD, Diab DL, Kiely ME, Lazaretti-Castro M, *et al.* Vitamin D for the Prevention of Disease: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* 2024;109(8):1907-47.

**Lorenza Díaz Nieto** Departamento de Biología de la Reproducción, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

**Verónica Zaga-Clavellina** Departamento de Inmunobiología, Instituto Nacional de Perinatología.

**Andrea Olmos-Ortiz** Departamento de Inmunobiología, Instituto Nacional de Perinatología.

Contacto: [lorenza.diazni@incmnsz.mx](mailto:lorenza.diazni@incmnsz.mx)

# Mujeres que desafiaron fronteras: impacto y legado en la ciencia

Iliannis Yisel Roa Bruzón  
Ailyn Padilla Valle  
Yeminia Valle

¿ Te has preguntado por qué históricamente se ha asignado a las mujeres la responsabilidad de la crianza y se les ha visto como amas de casa? Esta organización del trabajo y la división de roles, donde el hombre asumía el papel de cazador y la mujer el de cuidadora, se remonta al periodo neolítico. A lo largo del tiempo, las sociedades modernas adoptaron estas normas, consolidando la idea de que la función principal de la mujer era la maternidad, la crianza y las tareas del hogar. Aunque es importante destacar que no en todas las culturas tienen la libertad de elegir a su compañero, ya que las decisiones sobre el matrimonio solían estar dictadas por normas sociales, acuerdos familiares o expectativas sobre la descendencia que asegurara “mejores genes”.

Las mujeres han tenido que luchar incansablemente por la inclusión y la equidad en todas las áreas, incluyendo la ciencia y la tecnología, donde ocupan alrededor del 33% de los puestos [1]. Un ejemplo de las barreras que aún persisten es el desafortunado comentario de Tim Hunt, bioquímico y ganador del Premio Nobel en 2001, quien afirmó: “Pasan tres cosas cuando hay mujeres en el laboratorio: te enamoras de ellas, ellas se enamoran de ti, y cuando las criticas, lloran”. Aunque Hunt se disculpó y renunció a su puesto, sus palabras reflejan estereotipos profundamente arraigados sobre el papel de la mujer en la ciencia.

El 22 de diciembre de 2015, la Organización de las Naciones Unidas proclamó el 11 de febrero como el Día Internacional de las Mujeres y Niñas en la Ciencia, con el fin de reconocer sus contribuciones, logros y su toma de decisiones en el ámbito científico.

Este artículo destaca el legado de numerosas científicas que, con o sin reconocimiento oficial, han contribuido significativamente en áreas como la física, la química, la fisiología y la medicina (FQFM).

## Mujeres en la ciencia

La mejor edad para ser madre es entre los 19 y 30 años, pero para una mujer científica, consolidar su carrera lleva tiempo, lo que hace que muchas lleguen a roles de liderazgo y exigencia profesional después de los 44 años. Además de sus responsabilidades académicas, deben cuidar de su familia, lo que añade presión. Las mujeres que deciden ser madres durante o después de su doctorado enfrentan la dificultad de equilibrar ambas responsabilidades. Esto es en la época

actual, imagina lo que pasaron las científicas que no tenían derecho a votar, no se diga a estudiar. Aunque el sentimiento de culpa y la competencia laboral son factores presentes, es posible encontrar un equilibrio entre la maternidad y la carrera científica, ya que tanto hombres como mujeres tienen la misma pasión y capacidad para la ciencia.

En los últimos 122 años solo 26 mujeres han sido galardonadas con el Premio Nobel en las áreas de FQFM, en comparación con 627 hombres (figura 1). Muchas de estas mujeres enfrentaron guerras y gobiernos opresivos, estudiaron en secreto, padecieron enfermedades y marginación, aceptaron trabajos no remunerados y enfrentaron una fuerte resistencia para demostrar que las capacidades científicas no están limitadas por el género. Marie Curie encabeza la lista de mujeres excepcionales, fue la primera en ganar dos Premios Nobel. Para poder estudiar, tuvo que asistir a una universidad clandestina. Además, fue madre de dos hijas, una de las cuales, Irène Joliot-Curie, continuó su legado como científica, fue una activista y luchadora por las causas sociales. Irène fue rechazada cuatro veces como miembro de la Real Academia de Ciencias a pesar de que su trabajo era reconocido a nivel internacional. Junto con su madre, quien se encargó del financiamiento, instalaron las primeras máquinas de radiografía portátiles en ambulancias para atender a los heridos de la Primera Guerra Mundial. Estas ambulancias fueron apodadas *Petites Curie* o pequeñas Curie en honor al equipo madre-hija que las desarrolló, ¿imaginas a uno de los cerebros más prestigiosos de esa época conduciendo una *Petite Curie*?



**Figura 1.** Premio Nobel por área y sexo (periodo 1901-2024). Las mujeres representan el 4.15% de los ganadores del Premio Nobel en las áreas de física, química o medicina. Es decir, por cada mujer hay casi 24 varones reconocidos en estas áreas.

Fuente: All Nobel prizes [Internet]. Nobelprize.org [citado el 14 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.nobelprize.org/prizes/list/all-nobel-prizes/>

Rita Levi-Montalcini fue una neuróloga judía que enfrentó múltiples obstáculos en su carrera, incluyendo la oposición de su padre, quien creía que el papel de la mujer se limitaba a la maternidad. Debido a las leyes de Benito Mussolini, tuvo que abandonar la escuela, y su familia sufrió dos huidas durante la invasión nazi. En un laboratorio secreto en Italia, tra-

bajó con su mentor en el descubrimiento del “suicidio celular”. A lo largo de su vida, nunca se casó ni tuvo hijos. Esta y otras historias son un símbolo de perseverancia e inspiración para futuras generaciones de mujeres en la ciencia (tabla 1).

**Tabla 1. Mujeres galardonadas con el Premio Nobel. Por cuestiones de extensión, se muestran únicamente algunas científicas.**

Galardonada	Nacionalidad	Premio Nobel	Beneficio	En conjunto	Otros premios	
1	Marie Curie Pierre	Polaca	Física: investigaciones en radiación 1903	Radiografías portátiles en las ambulancias	Pierre Curie y el físico Henri Becquerel	Medalla Davy, Medalla Matteucci Actonian, Medalla Elliott Cresson, Medalla Franklin de la Sociedad Filosófica Estadounidense
			Química: Descubrimiento del radio y el polonio 1911			
2	Gerty Theresa Cori	Austrohúngara y estadounidense	Medicina o Fisiología: conversión del glucógeno a ácido láctico 1947	Sentaron las bases para comprender y tratar la diabetes	Carl Ferdinand Cori y Bernardo Houssay	El cráter Cori de la luna lleva su apellido, Medalla Garvan-Olin
3	Dorothy Hodgkin	Británica	Química: cristalografía de proteínas 1964	Determinación de la estructura de medicamentos como la penicilina, vitamina B12 y el diseño de fármacos	Solitario	Medalla Lomonosov, Medalla Copley de la Real Sociedad de Londres, Condecoración Austriaca para la Ciencia y el Arte
4	Rosalyn Yalow	Estadounidense	Medicina o Fisiología: técnica de radioinmunoensayo 1977	Medición de hormonas, virus y fármacos en sangre, tratamiento para diabetes	Andrew Victor Schall y Roger Guillemin	Premio de Investigación Médica Albert Lasker, Premio en Ciencias Naturales de la Academia de Ciencias de Nueva York, Premio al Logro Científico de la Asociación Médica Americana, Premio de Koch de la Sociedad de Endocrinología, Premio Internacional de la Fundación Gairdner, entre otros
5	Barbara McClintock	Estadounidense	Medicina o Fisiología: elementos móviles transponibles (genes saltarines) 1983	Comprensión de enfermedades genéticas y cáncer	Solitario	Medalla Nacional de Ciencia, becaria de la Fundación John D. y Catherine T. MacArthur, Premio Albert Lasker por Investigación Médica Básica, Premio Wolf en Medicina, Medalla Thomas Hunt Morgan, Premio Louisa Gross Horwitz
6	Rita Levi-Montalcini	Italiana	Medicina o Fisiología: descubrimiento del factor de crecimiento nervioso 1986	Tratamiento de enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer, el alivio del dolor y sobre cáncer	Stanley Cohen	Premio Louisa Gross Horwitz en Biología y Bioquímica, Medalla Nacional de la Ciencia, doctorado honoris causa en ingeniería biomédica en el Politécnico de Turín
7	Françoise Barré-Sinoussi	Francesa	Medicina o Fisiología: Descubrimiento del VIH 2008	Entendimiento y tratamiento del sida	Luc Montaigner	Premio Sovac, Premio Körber de las Ciencias Europeas, Premio de la Academia Francesa de las Ciencias
8	Tu Youyou	China	Medicina o Fisiología: descubrimiento de la artemisina 2015	Tratamiento para la malaria o paludismo	Satoshi Omura y William Campbell	Premio Albert Lasker

Tabla 1. Mujeres galardonadas con el Premio Nobel. Por cuestiones de extensión, se muestran únicamente algunas científicas.

Galardonada	Nacionalidad	Premio Nobel	Beneficio	En conjunto	Otros premios	
9	Jennifer A. Doudna	Estadounidense	Química: desarrollo de un método de edición genética 2020	Tratamiento de enfermedades genéticas, cáncer e infecciones virales	Emmanuelle Charpentier	Premio Breakthrough en Ciencias de la Vida, Premio Japón, Premio Kavli, Premio LUI Che Woo Welfare Betterment, Premio Wolf en Medicina
10	Katalin Karikó	Húngara	Medicina o Fisiología: metodología para las vacunas del ARN mensajero 2023	Desarrollo de la vacuna contra COVID-19	Drew Weissman	Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Biología y Biomedicina

## La vergonzosa omisión de grandes mujeres científicas

A lo largo de la historia, muchas mujeres no recibieron el Premio Nobel a pesar de haber hecho contribuciones cruciales en la ciencia, debido a factores como su fallecimiento antes de ser reconocidas, su ocupación en cargos menos visibles o la falta de reconocimiento. Este fenómeno se conoce como el efecto Matilda, que refleja una tendencia histórica a subestimar o ignorar los logros de las mujeres, atribuyéndolos a sus colegas varones. Es como si ellas construyeran la base de una pirámide, pero fueran otros quienes colocaran la piedra final y recibieran todo el crédito.

Rosalind Franklin fue clave en el descubrimiento de la estructura del ADN, pero no recibió el reconocimiento adecuado. En 1968, James Watson publicó la doble hélice, lo que generó controversia sobre si él y los otros ganadores del Nobel en 1962 se beneficiaron de su trabajo sin reconocerla. Las reglas del Nobel, que no permiten premios póstumos, dejaron a Franklin sin el mérito que merecía [2].

Otro caso similar es el de Mileva Marić, quien fue esposa de Albert Einstein. Aunque se ha debatido sobre su participación en la formulación de algunas de las ideas que llevaron a Einstein a desarrollar la teoría de la relatividad, su nombre ha sido mayormente omitido en la historia [3]. En su caso, los prejuicios de género y su estatus como esposa de Einstein probablemente contribuyeron a que no se le diera visibilidad. Asimismo, Esther Lederberg realizó importantes contribuciones a la genética bacteriana, pero

su esposo, Joshua Lederberg, fue quien recibió el Nobel en 1958; como en otros casos, el trabajo de las mujeres en cargos “menores” o en roles de apoyo fue subestimado [4].

Otras figuras olvidadas incluyen a Martha Chase, cuya investigación sobre el ADN fue decisiva, pero solo su colega Alfred Hershey recibió el Nobel en 1969. Además, Emmy Noether revolucionó la física moderna con sus teorías matemáticas. A pesar de sus logros, nunca fue reconocida con un Nobel, en parte debido a los prejuicios de género en su época y su bajo perfil institucional; y Jocelyn Bell Burnell descubrió los púlsares, aunque el Nobel fue otorgado a su supervisor [5].

## El futuro de las mujeres en la ciencia

Actualmente, las jóvenes científicas disponen de modelos a seguir edificantes y redes de apoyo que favorecen su ingreso y desarrollo en áreas tradicionalmente masculinas.

El avance hacia la igualdad de género en la ciencia es como una puerta que finalmente comienza a abrirse después de siglos de estar cerrada, pero en muchas regiones, la puerta sigue siendo pesada y difícil de mover. En algunos lugares, las normas tradicionales y el sesgo de género aún restringen la participación femenina, especialmente en campos como la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

Las iniciativas globales y las políticas educativas están cada vez más enfocadas en promover la inclusión de mujeres en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Las con-



tribuciones de mujeres como Frances Arnold y May-Britt Moser, ambas ganadoras del Nobel, demuestran que el reconocimiento a las mujeres en la ciencia está alcanzando nuevas alturas.

## Conclusiones

Por cada mujer galardonada con el Nobel en áreas de FQFM hay casi 24 hombres premiados. Esta disparidad lejos de reflejar una falta de capacidad es un recordatorio de los obstáculos que las mujeres han enfrentado en el ámbito científico, no obstante, muchas de ellas han dejado un legado que continúa inspirando a futuras generaciones.

Contra el reloj biológico, las guerras y los prejuicios, estas mujeres demostraron que la ciencia no tiene género. Su perseverancia no solo ha ampliado el conocimiento humano, sino que ha cuestionado los estereotipos y normas sociales que las relegaban al ámbito doméstico. A través de su ejemplo, han abierto puertas para que más mujeres puedan acceder a la educación y a carreras científicas, enfrentando de manera progresiva las desigualdades que han existido en el campo de la investigación.

Además, el reconocimiento tardío de su trabajo refleja un cambio en la sociedad y en la propia ciencia, que ahora empieza a valorar y visibilizar el papel de la mujer. Aunque queda mucho camino por recorrer, la creciente visibilización de mujeres científicas en el siglo XXI muestra que las barreras históricas comienzan a desmoronarse. Las contribuciones de estas pioneras no solo han transformado la ciencia, sino que han sentado las bases para una mayor

equidad en el futuro, demostrando que el conocimiento y el talento no entienden de género, pero sí de oportunidades.

## Referencias

1. UNESCO. *Porcentaje de mujeres en el número total de investigadores de los países del G20 en el periodo 1996–2018*. Unesco.org. 2021. Disponible en: <https://www.unesco.org/reports/science/2021/es/dataviz/women-share>
2. Cramer P. Rosalind Franklin and the advent of molecular biology. *Cell* [Internet]. 2020 [citado el 9 de septiembre de 2024];182(4):787-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32730810/>
3. Martínez A. Getting to know Mileva Marić [Internet]. *Aip.org*. 2019 [citado el 9 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://pubs.aip.org/physicstoday/article/72/7/53/982034/Getting-to-know-Mileva-Maric>
4. Pisano I. Esther Lederberg – pioneer in microbial genetics [Internet]. *Frontiersin.org*. 2022 [citado el 9 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/news/2022/09/27/children-in-science-esther-lederberg-pioneer-in-microbial-genetics/>
5. Iqbal Las grandes científicas olvidadas por la ciencia. *BBC*. 2015, junio 25. Disponible en: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150622\\_mujeres\\_ciencia\\_olvidadas\\_lp](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150622_mujeres_ciencia_olvidadas_lp)

**Iliannis Yisel Roa Bruzón** Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara. Doctorado en Genética Humana, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Ailyn Padilla Valle** Licenciatura en Médico Cirujano y Partero, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Yeminia Valle** Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [yeminia.valle@academicos.udg.mx](mailto:yeminia.valle@academicos.udg.mx)

# La terapia de remplazo hormonal en la salud de las mujeres posmenopáusicas

Rafael Velázquez-Cruz  
Emma López-Espinosa  
Rogelio Frank Jiménez-Ortega

La osteoporosis (OP) es un importante problema de salud pública en México que afecta a la población mayor de 50 años. Esta enfermedad supone una carga médica y personal, que implica un alto costo socioeconómico y recursos necesarios para la atención de las personas que la padecen. Actualmente, la población mexicana está constituida por aproximadamente 126 millones de habitantes que se encuentran en un proceso de transición epidemiológica con un incremento en la esperanza de vida. Por lo tanto, se observa un incremento en el número de enfermedades asociadas con la edad, donde la población de adultos mayores de 50 años corresponde a 22 millones de personas que representan el 17.46% de la población, de los cuales se estima que 10 millones viven con OP [1].

La OP es una enfermedad que afecta a todo el cuerpo, se caracteriza por la pérdida de componentes que constituyen al hueso como el calcio y el fósforo (masa ósea), lo que genera la formación de huesos frágiles susceptibles a sufrir fracturas. El hueso es un tejido vivo y dinámico que es constantemente reparado a través de dos tipos de células especializadas conocidas como osteoclastos y osteoblastos.

En un proceso normal, los osteoclastos se encargan de destruir y reabsorber al hueso dañado o deteriorado, mientras que los osteoblastos se encargan de formar hueso nuevo, manteniendo en todo momento un equilibrio entre la

reabsorción y la formación del tejido óseo. Sin embargo, cuando existe un incremento en la reabsorción y una baja actividad de formación se forman huesos porosos expuestos a fracturas. Esto ocurre principalmente en mujeres que se encuentran en la menopausia (cese de la menstruación), una etapa de la vida que se caracteriza por la disminución de las hormonas sexuales, principalmente de los estrógenos los cuales se expresan principalmente en mujeres.

Los estrógenos juegan un papel clave en el metabolismo del hueso, ya que pueden estimular la formación de osteoblastos y contribuir con la formación del tejido óseo. Sin embargo, durante la posmenopausia la disminución de estrógenos también se ve reflejada en la disminución de osteoblastos y, por lo tanto, en la formación de hueso nuevo, mientras que los osteoclastos mantienen su actividad de reabsorción, resultado en la formación de huesos porosos y frágiles, característicos de la OP [2].

Actualmente existen diferentes fármacos empleados en la prevención y manejo de la OP. Sin embargo, el diagnóstico de esta enfermedad es complicado debido a que no genera síntomas sino hasta que se complica con una fractura, lo que provoca un retraso en su tratamiento a pesar de que existen diferentes opciones farmacológicas eficaces para mejorar la salud de los huesos. La prevención primaria de la OP está dirigida a mujeres con alto riesgo de desarrollar esta enfermedad, pero sin la enfermedad establecida, por lo que a este grupo de mujeres se les recomienda mantener una alimentación adecuada y actividad física constante, además de eliminar factores de riesgo como el abuso de alcohol y tabaquismo. Estas recomendaciones ayudarán a mantener los niveles hormonales normales y equilibrados a lo largo de la vida de las mujeres. Por otro lado, en pacientes con OP establecida el tratamiento consiste en utilizar fármacos dirigidos a inhibir la resorción ósea mediante la disminución de la actividad de los osteoclastos reduciendo el riesgo de nuevas fracturas.



Hoy en día no existe un consenso sobre los criterios para seleccionar a las pacientes que recibirán tratamiento, sino que la decisión se basa en los costos de los medicamentos dirigidos al manejo de la OP, por lo que una de las opciones más viables es considerar la terapia de remplazo hormonal (TRH), la cual se centra en remplazar el estrógeno que las mujeres no producen durante la menopausia. Esto permite reestablecer los niveles hormonales y se considera como un tratamiento económico para la OP con beneficios adicionales sobre los síntomas comunes durante esta etapa de la vida de la mujer, entre los que podemos encontrar los bochornos, sequedad vaginal, sofocos, escalofríos, sudores nocturnos, escalofríos [3].

## TRH durante la menopausia

La TRH es el enfoque más adecuado para mujeres posmenopáusicas, incluso diferentes asociaciones como la Sociedad Internacional de Menopausia (SIM) han afirmado claramente que esta terapia es efectiva y apropiada para la prevención de fracturas relacionadas con la OP en mujeres con riesgo antes de los 60 años o dentro los 10 años posteriores a la menopausia. Sin embargo, el inicio de la TRH después de los 60 años dirigida exclusivamente a la prevención y tratamiento de fracturas no es recomendable debido al riesgo potencial de complicaciones a largo plazo, principalmente por el potencial desarrollo de cáncer de mama, donde los efectos adversos de la TRH pueden superar a los beneficios que esta terapia puede ofrecer. Por lo tanto, se debe tener precaución con la TRH después de los 60 años, ya que se deben tener en

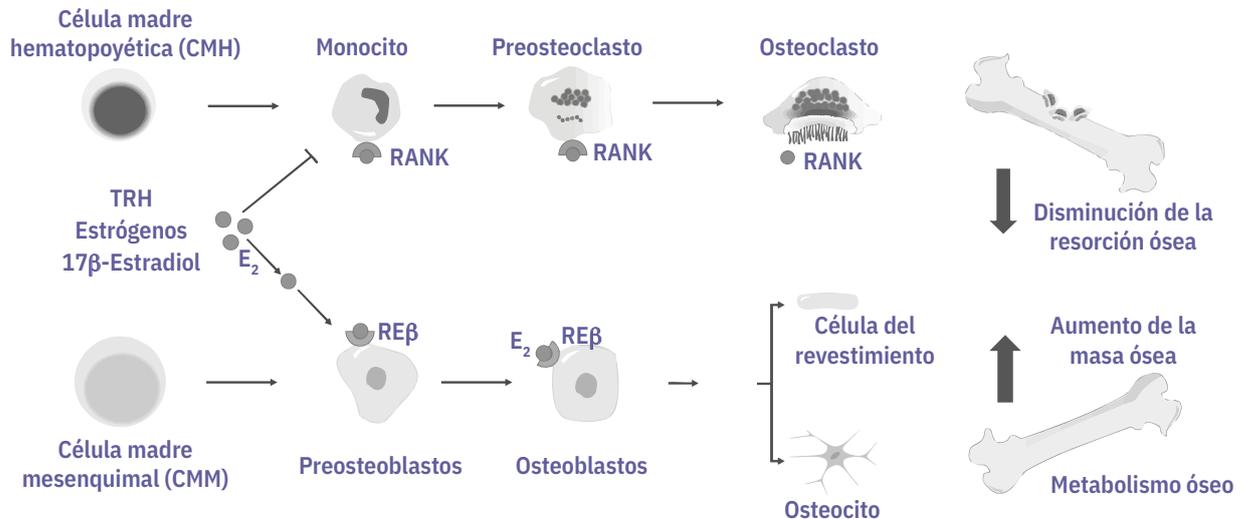
cuenta los posibles beneficios y riesgos a largo plazo de las dosis y vías de administración específicas con respecto a otras terapias no hormonales probadas [3].

La TRH ayuda a preservar y aumentar la calidad de los huesos en distintos sitios esqueléticos, como la columna (vertebras) y el antebrazo (radio/cúbito), además de prevenir los efectos derivados por la pérdida de estrógenos sobre el hueso [4]. Esto ocurre debido a que la presencia de receptores de estrógenos (RE) en la superficie de osteoblastos y su interacción con estrógenos exógenos (TRH) promueven la activación y proliferación de estas células, estimulando la formación de tejido óseo nuevo y mejorando la masa ósea como se muestra en la figura 1 [5]. Por lo tanto, la TRH en dosis bajas podría revertir los efectos del desgaste óseo presentes en mujeres. Se ha reportado que la TRH disminuye la incidencia de todas las fracturas relacionadas con la OP, incluidas las fracturas vertebrales y de cadera, incluso en mujeres que no presentan alto riesgo de fractura. Estos son hallazgos de diferentes estudios que buscan demostrar que esta terapia ejerce un efecto positivo sobre la reducción de más del 30% de fracturas vertebrales [3].

## Efectos adversos de la TRH

Aunque la TRH presenta muchos beneficios, también presenta una serie de efectos adversos como su efecto promotor sobre el cáncer de endometrio, el riesgo elevado de cáncer de mama y/o de ovario, efectos sobre la presión arterial y la activación del sistema de coagulación que puede aumentar el riesgo de un bloqueo de la sangre hacia el cerebro (accidente cerebrovascular), formación de coágulos de sangre en las venas (tromboembolismo venoso) y la formación de coágulos en las arterias pulmonares (tromboembolismo pulmonar).

Por lo tanto, los efectos adversos de la TRH solo estarán presentes durante el tiempo que se utilice el tratamiento, el riesgo de cáncer de



**Figura 1.** Terapia de reemplazo hormonal en metabolismo óseo. Se muestra el efecto de los estrógenos como 17 $\beta$ -estradiol (E<sub>2</sub>) induciendo la diferenciación de osteoblastos para promover la formación de hueso nuevo y el bloqueo de la diferenciación de osteoclastos, disminuyendo la resorción ósea.

mama es moderadamente más elevado en pacientes con tratamiento reciente y este aumentará alrededor de 2.3% por año en periodos más largos, pero el efecto disminuye después de dejar la TRH, hasta desaparecer en gran medida o totalmente después de aproximadamente cinco años [5].

## Conclusiones

La disminución de estrógenos es una de las principales causas de OP en mujeres posmenopáusicas y la TRH es un tratamiento considerado como una opción eficaz para la prevención de la OP durante esta etapa de la vida. Sin embargo, es necesario tener precaución y un constante monitoreo de los efectos adversos que esta terapia puede generar.

## Agradecimientos

El doctor Rogelio Frank Jiménez-Ortega forma parte del programa investigadoras e investigadores por México COMECYT con número de folio CAT2024-0036.

## Referencias

1. Cantellano-Sánchez PM, Ortega-Meléndez AI, Velázquez-Cruz R, Jiménez-Ortega RF. Función

de las hormonas sexuales en la homeostasis del hueso y su papel en el desarrollo de la osteoporosis masculina: una revisión narrativa. *Rev. Osteoporos. Metab. Miner.* 2023;15(4):144-153.

2. Yong EL, Logan S. Menopausal osteoporosis: screening, prevention and treatment. *Singapore Med J.* 2021;62(4):159-166.
3. Pan M, Pan X, Zhou J, Wang J, Qi Q, Wang L. Update on hormone therapy for the management of postmenopausal women. *Biosci Trends.* 2022;16(1):46-57.
4. Gamsjaeger S, Eriksen EF, Paschalis EP. Effect of hormone replacement therapy on bone formation quality and mineralization regulation mechanisms in early postmenopausal women. *Bone Rep.* 2021;14:101055.
5. Gavali S, Gupta MK, Daswani B, Wani MR, Sirdeshmukh R, Khatkhatay MI. Estrogen enhances human osteoblast survival and function via promotion of autophagy. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Res.* 2019;1866(9):1498-1507.

**Rafael Velázquez-Cruz** Laboratorio de Genómica del Metabolismo Óseo, Instituto Nacional de Medicina Genómica.

**Emma López-Espinosa** Unidad de Acupuntura, Universidad Estatal del Valle de Ecatepec.

**Rogelio Frank Jiménez-Ortega** Laboratorio de Genómica del Metabolismo Óseo, Instituto Nacional de Medicina Genómica. Unidad de Acupuntura, Universidad Estatal del Valle de Ecatepec.

Contacto: rogeliofrank.jimenez@uneve.edu.mx

# Explorando los microsatélites: una estrategia para elegir tratamientos contra el cáncer de próstata

Cecilia Rico Fuentes

José Miguel Moreno Ortiz

Jorge Adrián Ramírez de Arellano Sánchez

Se han preguntado qué ocurre con nuestras células cuando se diagnostica un cáncer? ¿Cómo se puede detectar y atacar una revolución celular? En este artículo tocaremos un tema muy preocupante y cada vez más frecuente entre los hombres. La enfermedad consiste en un descontrol celular en una glándula responsable de secretar el líquido seminal. Abordaremos este tema desde la clasificación para determinar el nivel de agresión del tumor y su relación a nivel genético. Veremos que todo este proceso implica mucha investigación para llevarse a cabo un tratamiento adecuado y personalizado para cada paciente.

## Empezando una revolución

El cáncer de próstata (CaP) es una enfermedad muy común en población masculina, el cual ocupa el primer lugar en incidencia a nivel mundial y el segundo en nuestro país, teniendo, además, una alta mortalidad en México [1]. Esta enfermedad se caracteriza por la formación de células malignas (cancerosas) en una glándula llamada próstata. Para determinar la agresividad de estos tumores, los médicos especialistas utilizan un sistema de clasificación denominado escala de Gleason, el cual, además de determinar la agresividad del tumor, ayuda para predecir lo progresión de un tumor, así como dar un mejor tratamiento.

## La agresividad del CaP es diferente en cada paciente

Seguramente se preguntarán: ¿de dónde surge este sistema de identificación y cuál es su fundamento para establecer la agresividad? Bueno... esto se remonta a los años setenta, cuando el doctor Donald Gleason observando tejidos de tumores de próstata con diferente agresividad, pudo identificar y definir que había diferencias entre ellos. Además, agrupó estas diferencias observadas en los tejidos y las comparó con la información clínica del paciente, de esta manera comenzó a surgir un sistema de clasificación, que



en la actualidad se establece junto con la Sociedad Internacional de Patología Urológica (ISUP) y en el cual, para definir una escala numérica, realizan una sumatoria de patrones “histológicos”, es decir, el estudio de los tejidos y las células bajo un microscopio. La puntuación de Gleason es un sistema para evaluar el CaP, donde los patólogos observan detalladamente y les da una puntuación de 1 a 5:

- ▶ **1 y 2:** las células se ven casi normales (estas puntuaciones se usan raramente).
- ▶ **3:** las células se ven un poco diferentes.
- ▶ **4:** las células son más anormales.
- ▶ **5:** las células son muy anormales y desorganizadas.

## Cálculo de la puntuación de Gleason:

- ▶ **Dos puntuaciones:** el patólogo elige las dos áreas más comunes de células cancerosas y les asigna una puntuación.
- ▶ **Suma de puntuaciones:** luego suma estas dos puntuaciones para obtener la puntuación de Gleason total, que puede ser entre 6 a 10.

## ¿Qué significa la puntuación de Gleason?

- ▶ **6 (3+3):** cáncer de bajo grado, crecimiento lento.
- ▶ **7 (3+4 o 4+3):** grado intermedio, con un riesgo moderado.
- ▶ **8-10 (4+4, 4+5, 5+4, 5+5):** cáncer de alto grado, más agresivo y con mayor probabilidad de crecer y propagarse.

Estableciéndose de esta manera las puntuaciones que van desde 6 (3+3), que representa un tejido sano en composición uniforme, hasta 10 (5+5), que representa el grado más avanzado con tumores totalmente indiferenciados y agresivos. En CaP, se manejan cinco grupos (del 1 al 5), en el cual se dividen las puntuaciones de Gleason en  $\leq 6$ , 7, 8 y  $\geq 8$  respectivamente [2]. Es importante mencionar que cada uno de estos grados se asocia con un riesgo diferente de presentar resistencia al tratamiento o recaídas después de una prostatectomía radical, que es la extirpación de una parte o la totalidad de la glándula.

## Los cambios en el ADN se relacionan con la agresividad del tumor

Un componente importante que podría relacionarse con la agresividad se encuentra en el ADN. Cuando este sufre un daño (causado por agentes químicos, físicos o biológicos), normalmente contamos con un sistema de reparación que lo resuelve, uno de los más conocidos es el Sistema de Reparación de Malos Apareamientos (MMR, por sus siglas en inglés *Mismatch Repair System*) [3]. Si los genes que están relacionados con este sistema se ven afectados, entonces la reparación no se realiza, lo que trae como consecuencia varios fenómenos genéticos entre los que destaca la inestabilidad de microsatélites, la cual consiste en una alteración en el ADN donde secciones específicas comienzan a repetirse de manera anormal. En tumores de próstata se han observado que la inestabilidad de microsatéli-

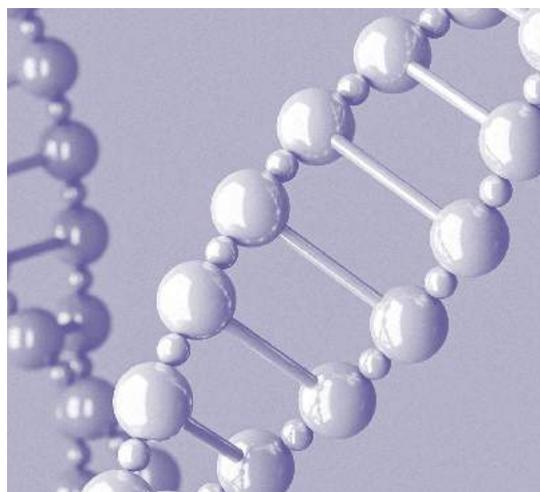
tes es un mecanismo que puede estar presente y que por lo tanto podría estar relacionado con la agresividad en la que se presenta este cáncer.

## Detectar microsatélites nos puede ayudar a mejorar los tratamientos

¡Aquí entraremos a un mundo molecular interesante! Se ha observado que, a medida que se eleva el grupo de riesgo en una puntuación de Gleason, se incrementa la frecuencia de alteraciones genéticas entre las que destacan mutaciones puntuales en los genes asociados a la MMR. Precisamente, la causa de inestabilidad por microsatélites se debe a la alta incidencia de mutaciones en células malignas, especialmente cuando el paciente presenta metástasis con puntuaciones en Gleason altos. Por lo tanto, es necesario detectar de dicha inestabilidad genética para complementarlo con una estrategia de acción que es la inmunoterapia.

## La inmunoterapia al combate de la enfermedad

La inmunoterapia es una técnica prometedora que utiliza el sistema inmunológico del cuerpo para combatir enfermedades, incluido el cáncer. Sin embargo, enfrenta desafíos como la falta de estandarización y los resultados falsos negativos en pacientes con alteraciones en el ADN que son más complejas [4].



Uno de los avances más emocionantes en el tratamiento del cáncer es una proteína llamada PD-L1. Dicha proteína se encuentra en la superficie de las células cancerosas y en las del sistema inmunitario. Su trabajo es conectarse con el receptor PD-1 en las células T, que son las encargadas de defendernos, para hacer que estas células se detengan y no ataquen (figura 1).

En CaP, cantidades más elevadas de PD-L1 están relacionadas con un peor pronóstico, incluyendo un estadio tumoral avanzado y la presencia de recaídas. Es entonces cuando el CaP deja de responder a tratamientos que antes eran efectivos, lo que se puede interpretar como que la enfermedad ha generado una resistencia, es decir, el cáncer sigue creciendo o reaparece a pesar del tratamiento.

## Una solución prometedora

Para mejorar el tratamiento de pacientes con alto riesgo, se utilizan fármacos que bloquean la interacción entre PD-1 y PD-L1. Un ejemplo es el pembrolizumab, aprobado por la FDA, y este ayuda al sistema inmunitario a reconocer y atacar las células tumorales. Pembrolizumab pertenece a un grupo de medicamentos denominado anticuerpos monoclonales, esto quiere decir que tienen la capacidad de dirigirse a proteínas específicas (receptores) en la superficie de las células. De esa manera activa el sistema inmunológico del cuerpo para combatir las células cancerosas.

## Microsatélites: más específica y menos invasiva

A pesar de su eficacia en muchos casos, la inmunoterapia no es universalmente efectiva y puede asociarse con efectos secundarios significativos. A diferencia de los tratamientos tradicionales como la quimioterapia y la radioterapia, que atacan tanto a células sanas como a malignas, la inmunoterapia ofrece una alternativa más específica y menos invasiva. La detección por inestabilidad de microsatélites puede ser esencial para seleccionar a los pacientes que más pro-

bablemente se beneficien de estos tratamientos. Además, la investigación continua busca mejorar la eficacia y reducir la toxicidad mediante la combinación de inmunoterapias con otras modalidades de tratamiento [5].

## Búsqueda de errores moleculares

¿Pero, de qué manera se puede detectar la inestabilidad por microsatélites? Imagina que queremos hacer muchas copias de una pequeña sección de tu ADN. Posteriormente comparamos esas copias de ADN contra una referencia, la cual equivaldría a una célula sana. Aquí los científicos pueden ver si hay diferencias en los microsatélites, lo que indicaría presencia de una inestabilidad. A este proceso se llama en inglés *polymerase chain reaction* (PCR), dada por un termociclador, un equipo el cual calienta y enfría la muestra de ADN en ciclos. Esto permite que con la ayuda de enzimas especializadas realicen muchas copias de la sección del ADN.

Ahora bien, el siguiente objetivo es separar fragmentos de ADN según su tamaño, como si pasáramos el ADN por un colador. Este colador se compone de un gel, el cual se aplica una corriente eléctrica. Los fragmentos más pequeños se mueven más rápido y los más grandes se mueven lentos a través de ese gel. Al ver la distancia que recorren los fragmentos, los científicos pueden detectar diferencias entre el ADN normal y el ADN tumoral. Si hay fragmentos que no coincidan con las referencias, se sugiere que existe una inestabilidad en los microsatélites.

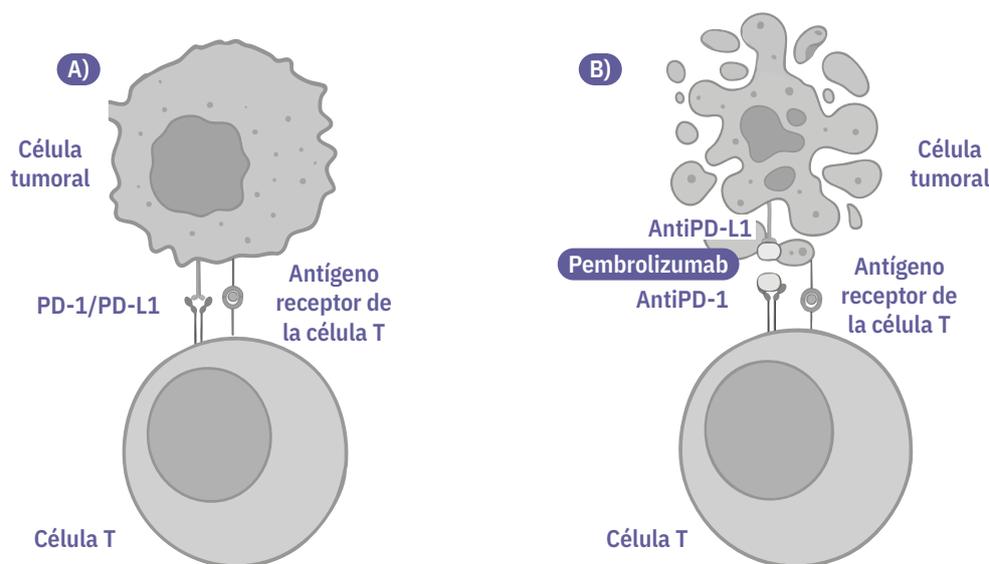
## De microsatélites hasta la clínica humana

Todos estos estudios comprueban que a mayor puntuación Gleason, existe una mayor alteración genómica en CaP. Por lo que al estudiar si un cáncer tiene inestabilidad por microsatélites puede ayudar a seleccionar el tratamiento, generando así una medicina personalizada.

Nos queda claro que aún se necesitan investigaciones para explorar las relaciones que existe entre el sistema inmunológico y la inestabilidad de microsatélites como una herramienta predictora de respuesta contra el cáncer. Sin embargo, los avances moleculares están cada vez más cerca de grandes descubrimientos para la clínica.

## Agradecimientos

Conahcyt Ciencia Básica y de Frontera 2023-2024 (CBF2023-2024-2702).



**Figura 1.** Mecanismo de acción de pembrolizumab en cáncer. A) Unión de receptor-ligando de muerte celular programada (PD-1/PD-L1), esta acción evita que la célula T destruya a la célula tumoral. B) Bloqueo de la unión anti-PD-1 o anti-PD-L1 permite que la célula T destruya la célula tumoral. Elaborado en Biorender.

## Referencias

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, *et al.* Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2024 May;74(3):229-63.
2. Morera PB, Araya CC. Escala patológica de Gleason para el cáncer de próstata y sus modificaciones. *Medicina Legal de Costa Rica* [Internet]. 2017 [cited 2024 Jun 17];34(1). Disponible en: <http://www.binasss.sa.cr/ojssalud/index.php/mlcr/article/view/48/193>
3. Sedhom R, Antonarakis ES. Clinical Implications of Mismatch Repair Deficiency in Prostate Cancer. *Future Oncology* [Internet]. 2019 Jun 25 [cited 2024 Jul 21];15(20):2395-411. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2217/fon-2019-0068>
4. Want MY, Bashir Z, Najjar RA. T Cell Based Immunotherapy for Cancer: Approaches and Strategies. *Vaccines* [Internet]. 2023 Apr 13 [cited 2024 Oct 4];11(4):835. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-393X/11/4/835/htm>
5. Styk J, Pös Z, Pös O, Radvanszky J, Turnova EH, Buglyó G, *et al.* Microsatellite instability assessment is instrumental for Predictive, Preventive and Personalised Medicine: status quo and outlook. *EPMA Journal* [Internet]. 2023 Jan 25 [cited 2024 Jun 17];14(1):143-65. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13167-023-00312-w>

**Cecilia Rico Fuentes** Doctorado en Biociencias, Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara.

**José Miguel Moreno Ortiz** Instituto de Genética Humana “Dr. Enrique Corona Rivera”, Departamento de Biología Molecular y Genómica, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Jorge Adrián Ramírez de Arellano Sánchez** Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas, Departamento de Biología Molecular y Genómica, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [adrian.ramirez@academicos.udg.mx](mailto:adrian.ramirez@academicos.udg.mx)



# Inmunidad entrenada: un nuevo horizonte en la comprensión del sistema inmunológico

Jovany Almaraz de Santiago  
Claudia Escudero Lourdes  
César Enrique Rivas Santiago

El sistema inmunológico es nuestro escudo natural contra virus, bacterias y otros invasores dañinos. Este escudo tiene dos ramas principales: la inmunidad innata y la inmunidad adaptativa. La inmunidad innata es como un guardia de seguridad que está siempre alerta, listo para actuar en cuanto detecta algo extraño. No necesita saber de antemano quién es el invasor; simplemente lo ataca. En cambio, la inmunidad adaptativa es más especializada, como un detective que estudia al enemigo y luego lo elimina de forma precisa. Esta respuesta tarda más en activarse, pero es muy eficaz porque puede reconocer y recordar enemigos específicos, algo fundamental para el éxito de las vacunas.

Hasta hace poco, se pensaba que solo la inmunidad adaptativa tenía memoria. Sin embargo, recientemente se ha descubierto que la inmunidad innata también puede “aprender” algunos aspectos sobre el enemigo, aunque de una manera diferente.

## El fascinante efecto de la vacuna BCG, más allá de la tuberculosis

Aunque es un concepto nuevo, la inmunidad entrenada ya se había descrito hace cien años cuando se trabajaba en la aplicación de la vacuna BCG, desarrollada para combatir la tuberculosis. Investigadores en Suecia notaron que los niños vacunados con BCG no solo estaban protegidos contra la tuberculosis, sino también contra otras infecciones [1]. Estas evidencias desafiaron la creencia de que las vacunas protegían únicamente contra los microbios usados para elaborarlas, pues en este caso, parecía como si la vacuna BCG hubiera “entrenado” al sistema inmune para luchar contra cualquier enemigo, no solo contra la tuberculosis. Este fenómeno planteó la siguiente pregunta: ¿cómo la vacuna BCG puede ofrecer una protección más amplia frente a diversas infecciones? Sin embargo, en ese momento no había respuesta que pudiera explicar este fenómeno.

Décadas más tarde, estudios en ratones mostraron que la vacuna BCG ayudaba a combatir infecciones como la causada por el hongo *Candida albicans* [1]. Incluso en ratones que no tenían las células especializadas de la inmunidad adaptativa, aquellos vacunados con BCG sobrevivieron a una infección por este hongo, lo que reveló que este efecto protector provenía de la inmunidad innata.

Este fenómeno, ahora conocido como “inmunidad entrenada”, sugiere que el sistema inmune innato puede ser “entrenado” para responder de manera más efectiva a una amplia variedad de microbios y estímulos ambientales.

### ¿Qué es la inmunidad entrenada?

En el año 2011, surgió el término “inmunidad entrenada” para describir una sorprendente capacidad del sistema inmune innato de “recordar” infecciones pasadas y responder de manera más rápida y fuerte ante el siguiente

estímulo [2]. Imagina que el sistema inmune innato es como un bombero novato, que con cada incendio aprende y se vuelve más eficiente. Este bombero no solo mejora al enfrentar el mismo tipo de fuego, sino que se entrena para ser más ágil ante cualquier emergencia, sin importar de qué se trate. Este tipo de entrenamiento no está limitado solo a microbios, también puede ser activado por factores ambientales o dietéticos.

A diferencia de la respuesta inmune adaptativa, que se enfoca en una amenaza específica, la inmunidad entrenada es más flexible. Una vez activada, esta respuesta mejorada puede enfrentarse a diferentes desafíos, tanto microbianos como no microbianos. Es como si la primera línea de defensa estuviera en un estado de mayor alerta, respondiendo con más fuerza, incluso si la nueva amenaza no es exactamente la misma que provocó su activación inicial.

### ¿Cómo se activa la inmunidad entrenada?

La inmunidad entrenada se activa mediante cambios en el interior de las células del sistema inmunológico. Es como si estas células ajustaran su maquinaria interna para ser más eficientes.

- ▶ **Cambios metabólicos en la inmunidad entrenada:** cuando las células inmunes se entrenan, es como si estuvieran en un “modo de ahorro de energía” [3]. Al igual que un atleta que se prepara antes de una carrera, estas células ajustan su metabolismo para tener la energía necesaria lista y disponible. Esto les permite responder más rápido cuando se enfrentan a una nueva amenaza, como si tuvieran un motor ya encendido y listo para arrancar al máximo cuando sea necesario. Es como si las células se encontraran en un estado de “precalentamiento” constante, con la energía necesaria para actuar en cualquier momento que se requiera.
- ▶ **Cambios epigenéticos en la inmunidad entrenada:** el ADN, que es el manual de instrucciones de la célula, a veces está tan

“enrollado” que no se puede leer fácilmente. Pero cuando la célula enfrenta un primer ataque, es como si algunas páginas clave del manual se marcaran con un separador, facilitando que la célula las encuentre y lea rápidamente la próxima vez que necesite usarlas. Estos separadores o marcadores son conocidos como cambios epigenéticos. Esto permite que las defensas estén listas para actuar mucho más rápido ante una nueva amenaza [2].

## Etapas de la inmunidad entrenada

La inmunidad entrenada sigue un proceso en cuatro etapas (figura 1):

- ▶ **Estado inicial:** las células están en reposo, esperando instrucciones.
- ▶ **Primer estímulo:** cuando detectan un enemigo, reaccionan y hacen cambios para ser más eficaces en el futuro.
- ▶ **Fase de reposo:** las células vuelven a un estado de calma, pero ahora están “entrenadas” y listas para reaccionar mejor la próxima vez.
- ▶ **Segundo estímulo:** si vuelven a enfrentar una amenaza, responden con mayor rapidez y fuerza, gracias a su «entrenamiento».

Lo fascinante es que este “entrenamiento” del sistema inmune innato puede pasar a las

futuras generaciones de células, creando algo parecido a una “memoria heredada”. Imagina que es como cuando alguien entrena a un equipo deportivo, y ese equipo, a su vez, entrena a los nuevos jugadores que se suman. Esto asegura que las nuevas generaciones también estén mejor preparadas para responder. Dentro de la médula ósea, que es como la “fábrica” de las células inmunitarias, se encuentra lo que llamamos “inmunidad entrenada central”. Ahí están las células madre o progenitoras, que son como los entrenadores principales. Estas células aseguran que las modificaciones se mantengan y pasen a las nuevas células inmunes, para que estén listas cuando llegue el momento de actuar. Por otro lado, la “inmunidad entrenada periférica” ocurre en las células que ya están en los tejidos del cuerpo, como en los pulmones, que son las primeras en enfrentarse a microbios externos. Estas células están en la “línea del frente”, listas para actuar de inmediato y de forma más efectiva gracias a su entrenamiento previo [2].

## La inmunidad entrenada en la salud: luces y sombras

La inmunidad entrenada es muy prometedora. Al potenciar nuestra defensa frente a infecciones, abre la puerta a nuevas formas de mejorar la eficacia de las vacunas y prevenir enfermedades [1]. Sin embargo, este poder también tiene su lado oscuro. Si la respuesta inmune entrena-

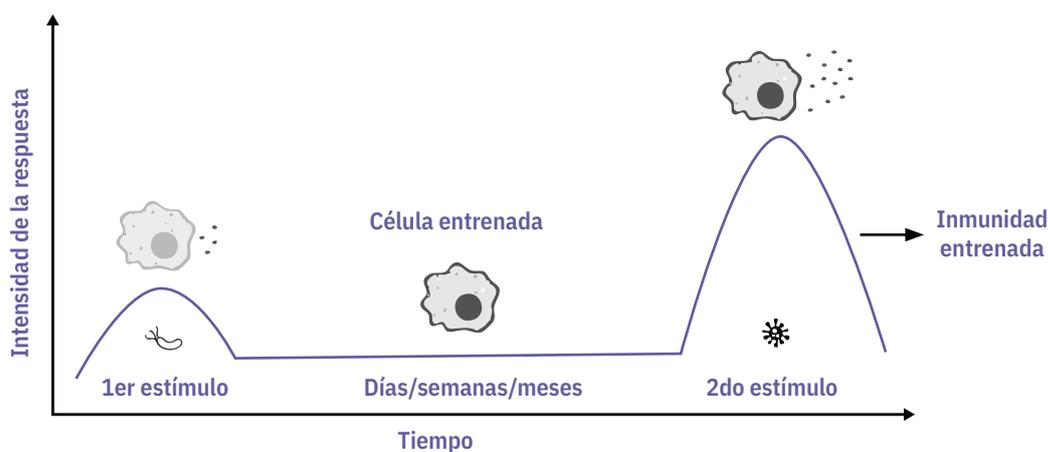


Figura 1. Etapas de la inmunidad entrenada.

da se activa de forma continua, puede llevar al establecimiento de una inflamación crónica o sostenida. Es como si el bombero que mencionamos antes, al estar siempre alerta, terminara apagando fuegos que no existen, dañando el tejido sano en el proceso. Esto puede provocar enfermedades como la artritis o enfermedades autoinmunes [2].

## La inmunidad entrenada y los estímulos ambientales

La inmunidad entrenada no se activa solo por infecciones, también puede ser estimulada por cosas o factores a las que estamos expuestos en nuestra vida diaria. Se ha informado que la dieta occidental, rica en grasas saturadas, puede asociarse a estados de inflamación y la inmunidad entrenada. Por ejemplo, ciertos alimentos, como la crema de chocolate, pueden “activar” esta respuesta entrenada [4]. Por otro lado, las investigaciones actuales comienzan a relacionar la activación de la inmunidad entrenada con la exposición a contaminantes ambientales. Se ha informado que, el bisfenol A, un químico comúnmente encontrado en las botellas reutilizables, envases de alimentos y revestimientos de latas, también pueden activarla [5].

Este es un hallazgo preocupante, ya que estos estímulos son parte de nuestra vida cotidiana. La activación continua de la inmunidad entrenada por estos factores podría contribuir a problemas de salud, como el desarrollo de un estado de inflamación crónica, con posibles consecuencias a largo plazo.

## Conclusiones

La inmunidad entrenada representa una emocionante expansión de nuestro conocimiento sobre el sistema inmunológico. No obstante, aunque parece ofrecer un camino prometedor para mejorar la respuesta frente a infecciones y fortalecer el sistema inmune, también plantea riesgos si no se regula adecuadamente. Comprender cómo factores ambientales y dietéticos

influyen en este proceso será clave para aprovechar sus beneficios sin caer en sus riesgos.

En resumen, nuestro sistema inmune innato, antes visto como un defensor inespecífico, tiene un sorprendente potencial para aprender y adaptarse, lo que podría cambiar nuestra forma de prevenir y tratar enfermedades en el futuro.

## Referencias

1. Covián C, Fernández-Fierro A, Retamal-Díaz A, Díaz FE, Vasquez AE, Lay MK, *et al.* BCG-Induced Cross-Protection and Development of Trained Immunity: Implication for Vaccine Design. *Front Immunol.* 2019 Nov;10:1-14.
2. Ochando J, Mulder WJM, Madsen JC, Netea MG, Duivenvoorden R. Trained immunity – basic concepts and contributions to immunopathology. *Nat Rev Nephrol.* 2023 Jan;19(1):23-37.
3. Ferreira AV, Domínguez-Andrés J, Merlo Pich LM, Joosten LA, Netea MG. Metabolic Regulation in the Induction of Trained Immunity. *Semin Immunopathol.* 2024 Aug;46(7):1-14.
4. Dallio M, Ventriglia L, Romeo M, Scognamiglio F, Diano N, Moggio M, *et al.* Environmental bisphenol A exposure triggers trained immunity-related pathways in monocytes. *Front Immunol.* 2023 Nov;14:1-12.
5. Seufert AL, Hickman JW, Traxler SK, Peterson RM, Waugh TA, Lashley SJ, *et al.* Enriched dietary saturated fatty acids induce trained immunity via ceramide production that enhances severity of endotoxemia and clearance of infection. *Elife.* 2022;11:1-25.

**Jovany Almaraz de Santiago** Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

**Claudia Escudero Lourdes** Laboratorio de Inmunotoxicología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

**César Enrique Rivas Santiago** Laboratorio de Inmunotoxicología, Universidad Autónoma de Zacatecas.

Contacto: [cerivas@conahcyt.mx](mailto:cerivas@conahcyt.mx)

# Cuando el Alzheimer llega antes de lo esperado: la mutación del gen *PSEN1*

Jesús Alberto Gutiérrez Brito  
Diego Edgardo Casillas Arroyo  
Jorge Hernández Bello

La demencia afecta a más de 50 millones de personas en todo el mundo, siendo el Alzheimer (AD) el tipo más común y representa entre el 50% y el 75% de los casos. Esta enfermedad provoca problemas de memoria y suele aparecer en personas mayores de 65 años. Sin embargo, existe una forma de Alzheimer de inicio temprano (EOAD) que afecta a personas menores de 60 años. Aunque no se conoce el número exacto de casos, se estima que entre el 2.5% y el 7.5% de los casos de demencia son de Alzheimer de inicio temprano. Esto significa que, de cada 100 personas con Alzheimer, entre 3 y 8 podrían tener la forma temprana de la enfermedad, lo que destaca la magnitud del problema [1].

## Diferencias entre el Alzheimer y su forma de inicio temprano

En el EOA, las personas enfrentan problemas de memoria y síntomas como dolores de cabeza, movimientos involuntarios, dificultades para caminar y reflejos muy activos. Puedes pensar en la memoria como una caja de archivos que se desorganiza, lo que dificulta recordar información. Además, los movimientos involuntarios son como si una computadora tuviera un error y no funcionara bien.

Esta forma de Alzheimer avanza rápidamente, como un coche sin frenos. Se relaciona con cambios en los genes *APP*, *PSEN1* y *PSEN2* que producen una proteína llamada APP. Cuando hay demasiada proteína en el cerebro, es como si la cocina se llenara de ingredientes desordenados, formando placas que dificultan el pensamiento y la memoria.

Una mutación genética es un cambio en el ADN que puede afectar cómo funciona un gen. En el caso del Alzheimer,

las mutaciones en los genes *APP*, *PSEN1* y *PSEN2* provocan una acumulación excesiva de la proteína APP. Puedes pensar en APP como una fábrica que produce esta proteína, mientras que *PSEN1* y *PSEN2* son los supervisores del proceso. Cuando hay mutaciones, los supervisores pierden el control y se produce más proteína de la necesaria. Esta acumulación forma placas dañinas en el cerebro, acelerando el avance del Alzheimer de inicio temprano [2].

El EOAD tiene un patrón hereditario claro. Si uno de los padres tiene una mutación en alguno de los genes relacionados, hay 50% de probabilidad de que se transmita a sus hijos. Se han identificado unas 400 mutaciones, siendo las del gen *PSEN1* asociadas con síntomas inusuales y una aparición más temprana de la enfermedad [3].

## Efectos fundadores: la conexión genética del Alzheimer en América Latina

En América Latina, países como Colombia, Puerto Rico, México y Cuba tienen muchos casos de Alzheimer de inicio temprano relacionados con mutaciones en el gen *PSEN1*. En Colombia, la mutación E280A provoca que la enfermedad aparezca alrededor de los 45 años; en Puerto Rico, la mutación G260A lo hace a los 55 años; y en México, la A431E causa un inicio a los 40 años. Estas mutaciones se nombran según los cambios en los aminoácidos de la proteína. Por ejemplo, en E280A, “E” indica el ácido glutámico en la posición 280, que se cambia a alanina “A”.

La alta presencia de mutaciones en ciertas regiones puede ser resultado de un “efecto fundador”, que reduce la variabilidad genética. Esto ocurre cuando una mutación se vuelve común en grupos aislados, ya que se transmite de generación en generación, especialmente entre descendientes de las primeras personas que la tuvieron. La tabla 1 muestra las mutaciones asociadas a Alzheimer de inicio temprano en diferentes países [3,4].

Tabla 1. Mutaciones en genes asociadas al Alzheimer de inicio temprano en diferentes países.

País	Mutación
Perú	PSEN-1_L153V
Puerto Rico y República Dominicana	PSEN-1_G206A
Chile	PSEN-1_M146I
Cuba	PSEN-1_L174M
México	PSEN-1_M146I PSEN-1_N135D PSEN-1_L171P PSEN-1_L235p
Colombia	PSEN-1_V94M PSEN-1_P117A
Brasil	APP_T714A PSEN-1_P117A PSEN-1_E184D
Argentina	PSEN-1_T119I PSEN-1_L166V
Uruguay, Paraguay, Bolivia, Ecuador, Venezuela, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala y Haití	No reportadas

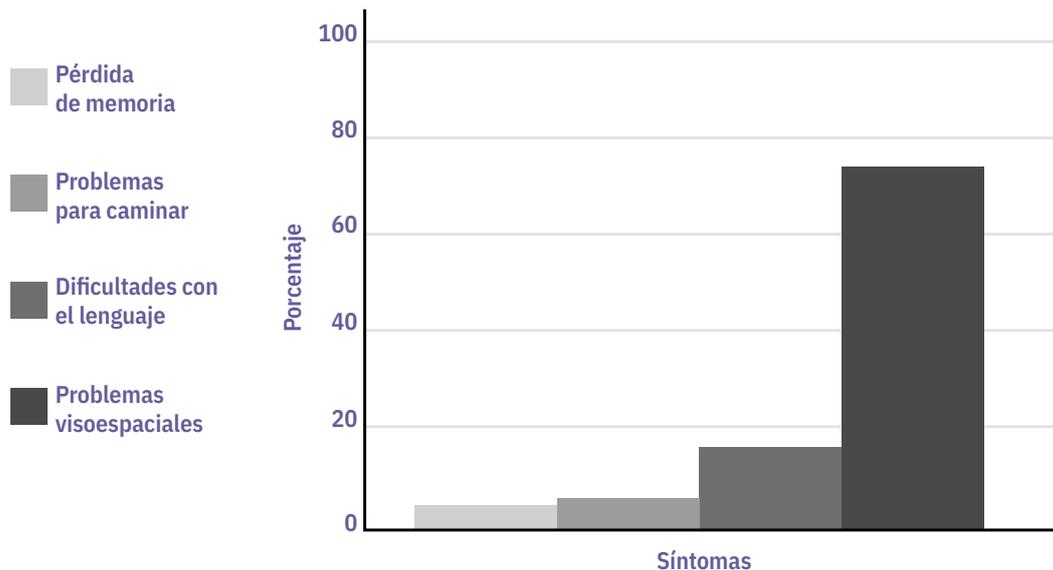
## Mutación en *PSEN1* en los Altos Sur de Jalisco

En 2020, un estudio en los Altos Sur de Jalisco investigó el Alzheimer de inicio temprano asociado a la mutación A431E en el gen *PSEN1*. Los participantes, menores de 60 años con síntomas y familiares afectados, mostraron que la enfermedad comienza entre los 36 y 53 años, con un promedio de 42.5 años. La duración de la enfermedad es de 7 a 8 años, y la mayoría fallece alrededor de los 49.5 años [2].

Los síntomas más comunes son pérdida de memoria (76%), problemas para caminar (18%), dificultades con el lenguaje (3%) y problemas visoespaciales (3%) (figura 1). En los primeros dos años, el 30.8% de los pacientes solo presentaron un síntoma, lo que llevó a un diagnóstico correcto en solo el 60% de los casos, mientras que el 40% fueron diagnosticados con otras enfermedades. Durante el primer año, los pacientes aún

eran independientes, pero para el sexto año, el 89% había perdido su trabajo y más del 50% necesitaba ayuda para comer y cuidarse. Además, la migración hacia Estados Unidos podría dispersar esta mutación, complicando su detección y tratamiento en otras áreas [2].





**Figura 1.** Síntomas comunes que se presentan en EOAD.

## Percepciones y creencias sobre el Alzheimer de inicio temprano

Un estudio realizado en Los Ángeles, California, en 2019, con 123 participantes, de los cuales el 70% vivía en México, reveló diversas percepciones sobre la EOA [5]. El 72% pensaba que la pérdida de memoria era una parte normal de la vejez, mientras que menos de una cuarta parte creía que el EOAD se debía a “mala sangre”. El 60% consideraba que el estrés era un factor clave y el 57% pensaba que no había tratamiento disponible. Un dato sorprendente es que el 73% sentía vergüenza por tener un familiar con Alzheimer debido a su comportamiento en público. Además, el 19% pensaba que desarrollar la enfermedad era “voluntad de Dios” y el 27% creía que “solo Dios podía curar” a una persona con la enfermedad.

La mayoría de los participantes no había recibido asesoramiento genético de un especialista y comprendían poco sobre su propio riesgo. Sin embargo, después de recibir información, el 72.2% mostró interés en hacerse pruebas genéticas, y el 50% expresó interés en participar en investigaciones sobre el Alzheimer de inicio temprano [5].

## Impacto del Alzheimer de inicio temprano en los cuidadores

El EOAD no solo afecta a los pacientes, sino también a sus cuidadores, quienes suelen sentir mucha ansiedad, estrés y tristeza. Esto puede causar problemas en sus relaciones personales, conflictos en la familia y dificultades económicas, especialmente si también tienen que cuidar a niños pequeños o dependen del paciente para su sustento. En un estudio, todos los cuidadores dijeron que su salud se vio afectada, incluso algunos enfrentaron enfermedades graves como cáncer y diabetes. La situación es aún más difícil si el cuidador es un familiar cercano que también sabe que tiene riesgo de desarrollar la enfermedad [4].

## Barreras en el Alzheimer de inicio temprano

Lo más evidente es que muchas personas, incluso algunos médicos, no saben que el Alzheimer puede comenzar cuando aún se es joven. Esto puede resultar en diagnósticos equivocados o tardíos y en una atención médica poco comprensiva.

Imagina que alguien se siente muy cansado o confundido, y se piensa que solo es estrés o

falta de sueño. Esta falta de conocimiento sobre los síntomas del Alzheimer impide que tanto los pacientes como sus familias busquen ayuda a tiempo [5]. Además, muchos afectados no califican para asistencia gubernamental, pensión o jubilación debido a su edad [4].

## Conclusiones

El Alzheimer de inicio temprano plantea un gran desafío para los pacientes, sus familias y cuidadores, especialmente en regiones como los Altos Sur de Jalisco, donde la mutación en *PSEN1* (A431E) es común. El diagnóstico es complicado debido a las barreras sociales y médicas, sumadas a la falta de conocimiento sobre la enfermedad y la estigmatización que la rodea, lo que dificulta el acceso a una atención adecuada. Los cuidadores también enfrentan una gran carga emocional y física. A pesar de estos retos, el aumento de las pruebas genéticas y los estudios clínicos está mejorando la comprensión y el manejo de la enfermedad. Es crucial seguir impulsando la concientización y el apoyo para mitigar su impacto y encontrar soluciones más efectivas.



## Referencias

1. Ayodele T, Rogaeva E, Kurup JT, Beecham G, Reitz C. Early-Onset Alzheimer's Disease: What Is Missing in Research? *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2021 ene 19;21(2):4.
2. Dumois-Petersen S, Gallegos-Arreola MP, Magaña-Torres MT, Perea-Díaz FJ, Ringman JM, Figuera LE. Autosomal dominant early onset Alzheimer's disease in the Mexican state of Jalisco: High frequency of the mutation *PSEN1* c.1292C>A and phenotypic profile of patients. *Am J Med Genet C Semin Med Genet.* 2020 dic;184(4):1023-9.
3. Llibre-Guerra JJ, Li Y, Allegri RF, Mendez PC, Surace EI, Llibre-Rodríguez JJ, et al. Dominantly inherited Alzheimer's disease in Latin America: Genetic heterogeneity and clinical phenotypes. *Alzheimers Dement J Alzheimers Assoc.* 2021 abr;17(4):653-64.
4. Withers M, Cortez-Sanchez K, Herrera J, Ringman JM, Segal-Gidan F. "My backpack is so heavy": Experiences of Latino caregivers of family with early-onset Alzheimer's. *J Am Geriatr Soc.* 2021 jun;69(6):1539-47.
5. Withers M, Sayegh P, Rodríguez-Agudelo Y, Ernstrom K, Raman R, Montoya L, et al. A mixed-methods study of cultural beliefs about dementia and genetic testing among Mexicans and Mexican-Americans at-risk for autosomal dominant Alzheimer's disease. *J Genet Couns.* 2019 oct;28(5):921-32.

**Jesús Alberto Gutiérrez Brito** Doctorado en Genética Humana, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Diego Edgardo Casillas Arroyo** Licenciatura en Médico Cirujano y Partero, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Jorge Hernández Bello** Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [jorge89\\_5@hotmail.com](mailto:jorge89_5@hotmail.com)

# Vapeo, la moda peligrosa: lo que debes saber

José Estuardo Lara Franco  
Paola Miranda Faccuseh Garza  
Alejandro Barrón Balderas

En los últimos años, el uso de cigarrillos electrónicos, también conocidos como vapeadores, ha aumentado notablemente, especialmente entre los jóvenes. Si bien al principio se promovieron como una alternativa más segura que el tabaquismo tradicional, cada vez más investigaciones revelan datos preocupantes acerca de los efectos en la salud, sobre todo cuando se empieza esta actividad a una edad temprana [1-3].

## ¿Qué son los cigarrillos electrónicos?

Los cigarrillos electrónicos son dispositivos diseñados para administrar nicotina, contienen una mezcla de sustancias que pueden incluir desde derivados del glicerol, aromatizantes metales pesados (níquel, plomo, cadmio) y algunas sustancias potencialmente carcinógenas se pueden liberar con el calor producido por el dispositivo (acetaldehído, formaldehído, benceno) [1,3].

Los aromatizantes utilizados suelen enmascarar el sabor del tabaco, haciendo que los vapeadores resulten especialmente atractivos para los jóvenes. Desde su llegada al mercado, estos dispositivos han evolucionado y cada nueva generación de vaporizadores contiene más sustancias en los líquidos de vapeo, mientras que su tamaño y complejidad han disminuido.

## ¿Cuáles son los riesgos para la salud?

Dado que los cigarrillos electrónicos son productos que se inhalan, es crucial entender los daños asociados con su uso. Aquí te presentamos algunos de los riesgos más importantes.

## Riesgos respiratorios

El uso de cigarrillos electrónicos se ha relacionado con enfermedades como bronquitis crónica, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) [4].

- ▶ **Bronquitis crónica:** es una enfermedad pulmonar en la que las vías respiratorias se inflaman y producen mucho moco. Esto causa tos frecuente y dificultad para respirar. Se considera crónica cuando los síntomas duran al menos tres meses al año durante dos años seguidos [4].
- ▶ **Asma:** es una enfermedad que provoca el estrechamiento y la inflamación de las vías respiratorias, dificultando la respiración [4].
- ▶ **Enfermedad pulmonar obstructiva crónica:** es un grupo de enfermedades pulmonares, que causan un bloqueo en las vías respiratorias provocando dificultad para respirar [4].

La inhalación de aerosoles puede provocar una respuesta inflamatoria en las vías respiratorias, lo que puede llevar a enfermedades crónicas como las ya mencionadas (figura 1).

Los componentes tóxicos del aerosol pueden dañar el ADN en las células pulmonares, aumentando el riesgo de cáncer de pulmón [1].





**Figura 1.** Tomografía de tórax mostrando un patrón inflamatorio difuso, resultado de la exposición continua al vapeo (un “patrón inflamatorio difuso” significa que la inflamación se encuentra en una gran parte de los pulmones, esta inflamación difusa es la causa de los síntomas de dificultad para respirar y tos). Imagen cortesía del Servicio de Neumología Pediátrica del Hospital Materno Infantil ISSEMyM.

### Riesgos neurológicos

La nicotina es altamente adictiva y puede afectar el desarrollo cerebral en adolescentes, impactando la memoria, la atención y el aprendizaje [1,5,6].

La exposición a la nicotina puede causar problemas de concentración y otros déficits cognitivos [1,5,6].

Se han reportado casos de convulsiones en usuarios de cigarrillos electrónicos, muy posiblemente por la toxicidad de la nicotina [1,5].

### Riesgos cardiovasculares

La nicotina puede causar un incremento en la presión arterial y la frecuencia cardíaca [1,3,6].

El uso de cigarrillos electrónicos se ha asociado con un mayor riesgo de ataques cardíacos y enfermedades cerebrovasculares [1,3,6].

La exposición a los aerosoles puede causar disfunción endotelial, un factor que contribuye al desarrollo de aterosclerosis. El endotelio es una capa delgada de células que recubre el interior de los vasos sanguíneos. Su función es mantener los vasos saludables, pero cuando

se daña, ya sea por el uso de cigarrillos electrónicos u otras sustancias, se pierde esta capacidad. Esto se llama “disfunción endotelial” y puede aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares como la “aterosclerosis”. Con el tiempo, esto puede dificultar el flujo de sangre al corazón y otros órganos, lo que aumenta el riesgo de ataques cardíacos y sangrado a nivel cerebral [1,3,6].

### Riesgos psiquiátricos y emocionales

La nicotina puede agravar los síntomas de ansiedad y depresión [1,6].

El uso de cigarrillos electrónicos puede afectar la calidad del sueño y causar insomnio [1,6].

En adolescentes, el vapeo se ha asociado con un mayor riesgo de problemas de comportamiento y conductas impulsivas [1,6].

### Riesgos de cáncer

Los componentes tóxicos del aerosol, como los compuestos orgánicos volátiles y los metales pesados, pueden aumentar el riesgo de cáncer de pulmón [1,3,6].

La exposición a los aerosoles puede dañar las células aumentando el riesgo de cáncer de boca y garganta [1,3,6].

Algunos estudios sugieren que los productos de degradación de los componentes del aerosol pueden ser excretados en la orina, aumentando el riesgo de cáncer de vejiga [1,3,6].

## Riesgos renales

La exposición a metales pesados y otros componentes tóxicos del aerosol puede causar Daño renal [1,6].

El uso prolongado de cigarrillos electrónicos puede aumentar el riesgo de desarrollar enfermedad renal crónica [1,6].

## Desarrollo pulmonar en jóvenes

Los pulmones de los jóvenes aún se encuentran en desarrollo y la exposición a sustancias químicas en los vapeadores puede afectar este proceso. La nicotina, común en muchos líquidos para vapear, puede tener efectos negativos en su desarrollo pulmonar [1-3,6].

## ¿Cómo puedo saber si estoy en riesgo?

Si eres una persona que utiliza cigarrillos electrónicos, podrías empezar a notar que con el paso del tiempo puedes presentar dificultad para respirar y que sobre todo es más notorio al caminar distancias cortas, al subir escaleras o al hacer ejercicio de mediana y baja intensidad. A medida que la condición avanza, pueden agregarse otros síntomas como son: tos y dolor en el pecho; esto podría limitar tus actividades cotidianas incluyendo alimentarte o vestirse [1-3].

## ¿Qué debo hacer?

Es muy importante que tanto los usuarios de vapeadores como sus padres y quienes participan en su educación, conozcan bien los riesgos que implican estos dispositivos.

Como recomendación principal, sugerimos que quienes tienen el hábito de vapear visiten a un especialista en salud pulmonar, conocido como neumólogo, para prevenir y detectar signos tempranos de daño pulmonar [1].

## Conclusiones

El uso de cigarrillos electrónicos, aunque es visto como una alternativa al tabaquismo tradicional, conlleva ciertos riesgos para la salud, especialmente cuando se utiliza de manera prolongada o se empieza a edades tempranas. Las investigaciones actuales han identificado varios efectos adversos en el

sistema respiratorio, cardiovascular y neurológico, entre otros. Por ello es importante conocer los posibles efectos y promover un uso responsable, acompañado de un monitoreo médico adecuado para prevenir complicaciones futuras.

## Referencias

1. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Public health consequences of e-cigarettes*. Washington, DC: The National Academies Press; 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.17226/24952>
2. Hartung M. *Vaping-associated lung injury*. Radiopaedia.org; 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.53347/rid-71664>
3. Park JA, Crotty Alexander LE, Christiani DC. Vaping and Lung Inflammation and Injury. *Annu Rev Physiol*. 2022;84:611-629. doi: 10.1146/annurev-physiol-061121-040014. Epub 2021 Nov 1. PMID: 34724436; PMCID: PMC10228557.
4. Pauwels RA, Rabe KF. Burden and clinical features of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *The Lancet*. 2004;364(9434):613-20. doi: 10.1016/S0140-6736(04)16855-4.
5. Dinakar C, O'Connor GT. The health effects of electronic cigarettes. *New England Journal of Medicine*. 2016;375(14):1372-1381. doi: 10.1056/NEJMra1502466.
6. Gotts JE, Jordt SE, McConnell R, Tarran R. What are the respiratory effects of e-cigarettes? *BMJ*. 2019;366. doi: 10.1136/bmj.l5275.

**José Estuardo Lara Franco** Hospital Regional de Occidente, Universidad San Carlos de Guatemala.

**Paola Miranda Faccuseh Garza** Hospital General de Matamoros, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

**Alejandro Barrón Balderas** Nuevo Hospital Civil de Guadalajara "Dr. Juan I. Menchaca", Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [alejandrobarron9295@academicos.udg.mx](mailto:alejandrobarron9295@academicos.udg.mx)

# Picaduras de alacrán en México: mitos y realidades del tratamiento

Héctor Andrés González Ruiz

Selene Guadalupe Huerta Olvera

Christian Johana Baños Hernández

## ¿Qué es el alacranismo?

El alacranismo es el envenenamiento por picadura de alacrán [1]. En la mayoría de los casos no genera daños graves a las personas, pero a veces puede causar complicaciones [2]. Aproximadamente 36 personas mueren anualmente por esta intoxicación [3].

Las picaduras de alacrán son un problema muy común en México. Cada año hay más de 300 mil casos, siendo Jalisco, Guerrero y Guanajuato los estados más afectados.

## Alacranismo en México

La picadura de alacrán ocurre más en zonas rurales y cálidas [2]. Se dan más en estados cercanos al océano Pacífico, pero en casi todo México existen tipos de alacranes que pueden ser peligrosos para los humanos [1].

Los alacranes pican sin importar si la víctima es un niño o un adulto, o si es mujer u hombre. Los pacientes con más riesgo de complicaciones suelen ser los menores de 10 años y aquellos que tardan más de 30 minutos en acudir con un médico para ser valorados [2].

## ¿Cómo causa daño la picadura de alacrán en el cuerpo?

El veneno del alacrán es una mezcla de proteínas, toxinas (que son sustancias tóxicas del veneno en sí) y otras sustancias que pueden dañar los tejidos y causar dolor e inflamación. Su función es paralizar o hacer que los insectos y mamíferos pequeños no puedan moverse de manera normal y evitar que se escapen para poder alimentarse de ellos. Este

efecto sobre los movimientos es causado a través de una clase de toxinas llamadas toxinas  $\beta$ , que actúan a través de unas estructuras microscópicas llamadas “canales de sodio” [4]. Estos canales funcionan como los apagadores de luz.

Estas toxinas en el cuerpo causan que se activen músculos, glándulas y nervios de manera anormal, haciendo que funcionen más o menos de lo que deberían. Esto sería parecido a si el interruptor de un foco estuviera descompuesto y se encendiera o apagara de la nada. En el cuerpo humano, producen movimientos involuntarios de los músculos, parálisis, aumento de las secreciones o sensaciones en la piel que no son normales.

Además, pueden producirse los siguientes síntomas:

- ▶ Dolor, comezón, ardor, hormigueos o entumecimiento en el sitio de la picadura que se recorre hacia el centro del cuerpo. Por ejemplo, si un alacrán pica en la mano, los síntomas pueden llegar hasta el codo, el hombro o inclusive el pecho.
- ▶ A diferencia de otras picaduras y mordeduras, cuando el alacrán pica, provoca inmediatamente mucho dolor. No siempre causa ronchitas ni enrojecimiento y a veces la picadura no se puede ver. Pero no importa dónde sea la picadura, siempre puede ser peligrosa.
- ▶ Entumecimiento o sensaciones de hormigueo en la nariz, labios, lengua, boca y garganta. Mucha gente siente que “se le cierra la garganta” debido a que los nervios que llegan a la garganta están irritados por el veneno del alacrán.
- ▶ Disminución o aumento de la actividad muscular. Puede haber desde parálisis muscular hasta movimientos anormales de los músculos de la lengua, espalda o en los músculos que ayudan a respirar, causando con ello dificultad respiratoria que puede ocasionar el fallecimiento del paciente.
- ▶ Las toxinas del alacrán provocan que los ojos, nariz, boca y bronquios tengan exceso de secreciones como saliva, lágrimas, mocos y flemas. También activan unas glándulas que se llaman “suprarrenales” y esto pro-

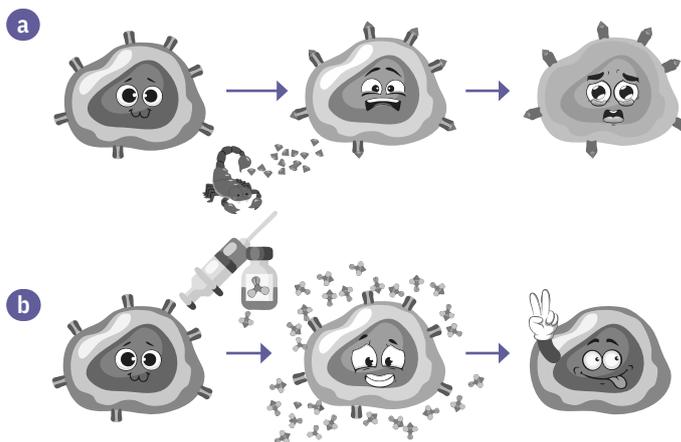
voca que se secreten una gran cantidad de adrenalina y noradrenalina. Esto causa que los pacientes se pongan muy ansiosos, agitados, con el corazón muy acelerado y aumente la presión arterial.

- ▶ Cuando un paciente tiene movimientos anormales en los músculos del pecho y no puede respirar, además de muchas flemas, tos y nerviosismo, puede presentarse una dificultad importante para respirar, e incluso el paciente puede fallecer [1].

## Mitos sobre el tratamiento

El uso de los remedios caseros es algo muy conocido en México. Los más usados son el ajo, el tabaco, una planta llamada “Cacahuananche”, la sal y los huevos. Estos remedios además de no dar un beneficio real pueden entorpecer la decisión de acudir con un médico y con ello complicar la situación del paciente [5].

Ningún alimento, planta o químico tiene la posibilidad de actuar como antídoto, es decir, ningún remedio actúa como el medicamento que funciona correctamente contra el veneno del alacrán. Esto significa que los remedios pueden enmascarar o cubrir lo que un paciente siente, pero no van a hacerle nada al veneno del alacrán y no podrán entonces curar al paciente, sino solo “distraerlo” de sus síntomas.



**Figura 1.** En la parte de arriba (A) se puede apreciar cuando una célula está sana. En la siguiente imagen cuando las toxinas del alacrán se unen a los canales de sodio. En la tercera imagen, se aprecia la célula dañada. En la parte de abajo (B) se aprecia la célula sana y cómo la toxina del alacrán es atrapada por el faboterápico (la figura de tres puntas). Eso hace que la célula salga sana y salva de la intoxicación y el paciente no presente complicaciones.

Incluso, algunos de los remedios caseros pueden producir que aumenten varios síntomas, y retrasar la atención médica que debiera recibir el paciente [5].

## Realidades del tratamiento: el faboterápico

El medicamento que se emplea para contrarrestar los síntomas que causa el alacranismo es un faboterápico y está compuesto de anticuerpos. Los anticuerpos son moléculas que el cuerpo produce, frecuentemente les llamamos “defensas”, y su función es atrapar a una sustancia peligrosa e impedir que esta le haga daño al cuerpo (figura 1) [1].

Los anticuerpos del faboterápico se obtienen de los caballos. En un laboratorio especial, se les administra veneno de alacrán con los cuidados veterinarios que requieren para que no sufran, pero que produzcan gran cantidad de anticuerpos. Estos anticuerpos son extraídos de la sangre de los caballos y purificados para que después se puedan emplear para curar a las personas picadas por los alacranes de manera segura [1]. El nombre de este medicamento es “Alacramyn” y las dosis empleadas son variables, dependiendo de la gravedad. Algunos pacientes necesitan solo un ampulla (frasco del medicamento) y otros hasta diez. En México, el faboterápico casi siempre está disponible en Centros de Salud, Cruz Verde, Cruz Roja y hospitales. Aunque no es fácil conseguirlo en farmacias, si vives en una zona donde hay muchos alacranes es bueno tener uno en tu casa y llevártelo al hospital en caso de que te pique un alacrán por si es que ahí no tienen.

El faboterápico tiene que ser administrado en un hospital o un centro de salud. Se administra a través de un suero en la vena y el paciente se queda en observación de dos a cuatro horas. Al mismo tiempo se pueden poner medicamentos para dolor o para controlar los demás síntomas si es necesario [1].

Cuando un paciente es picado por un alacrán siempre debe ser atendido y revisado por un

doctor lo más pronto posible y no debe tomar ningún remedio casero, alimento o medicamento antes de que el médico lo indique. No en todos los casos es necesario poner el faboterápico, pero sí en todos los casos es necesario que el doctor revise al paciente [1]. En caso de que los pacientes tengan su propio antiveneno en su casa, no requieren guardarlo en el refrigerador, solo con que no esté cerca de la estufa u otros sitios que produzcan calor. Su caducidad es de más o menos tres años después de que se fabrica, así que hay buen tiempo para usarlo o si no, donarlo en un hospital antes de que se caduque.

## Lo que sí se debe hacer ante una picadura de alacrán

Lo primero es mantener la calma. Hay que actuar tranquilos y buscar atención médica lo más pronto posible. Si no sabes a qué hospital acudir, en México se puede visitar la página de Redtox: <https://redtox.org/>. Este es un directorio de los doctores expertos en intoxicaciones y de los hospitales que pueden atender en estos casos a pacientes con intoxicaciones.

Ninguna característica es 100% confiable para identificar a un alacrán venenoso, ni el color, tamaño o forma nos puede decir con certeza algo. Por eso es mejor no manipular a los alacranes y siempre que alguien haya sido picado, acudir a un hospital.

## ¡A que no te lo imaginas!

El veneno de alacrán tiene el potencial de tratar enfermedades como las arritmias (alteraciones en el corazón), convulsiones, problemas pulmonares e incluso el cáncer. Aunque todavía no se han utilizado en humanos, los científicos están trabajando en desarrollar medicamentos basados en estas toxinas. ¡El veneno de alacrán podría convertirse en una herramienta poderosa para la medicina en el futuro! [6].

## Conclusiones

La picadura de alacrán puede causar una intoxicación que, de no atenderse a tiempo, puede ser mortal. Es muy importante que todo paciente que sea picado por un alacrán sea atendido en una unidad de urgencias a la brevedad posible. Debemos eliminar los mitos y hacer saber a nuestros familiares y amigos que los remedios caseros no funcionan, que pueden causar daño y que el faboterápico es muy seguro y puede ser aplicado sin importar la edad, sexo o si la paciente está embarazada.

El alacranismo, al ser un problema tan importante, nos invita a conocer lo que debe y no debe hacerse en caso de presentarlo y también a que sepamos dónde nos pueden atender cuando se presentan estas intoxicaciones.

## Referencias

1. Dirección General de Epidemiología. *Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de intoxicación por animales ponzoñosos*. México: Secretaría de Salud; 2024. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud>
2. Chowell G, Díaz-Dueñas P, Bustos-Saldaña R, Mireles AA, Fet V. Epidemiological and clinical characteristics of scorpionism in Colima, Mexico (2000-2001). *Toxicon*. 2006;47:753-758.
3. Hernández-Muñoz EA, et al. Scorpion sting envenomation outbreak in Mexico. Strategies for prevention and control. *Toxicon*. 2024;237:107549.
4. Quintero-Hernández V, Jiménez-Vargas JM, Gurrola GB, Valdivia HH, Possani LD. Scorpion venom components that affect ion-channels function. *Toxicon*. 2013;76:328-342.
5. Lagunas-Flores A, Lagunas-Jaimes GN. Scorpion puncture: medical treatment and home remedies. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2009;47:659-64.
6. Xia Z, He D, Wu Y, Kwok HF, Cao Z. Scorpion venom peptides: Molecular diversity, structural characteristics, and therapeutic use from channelopathies to viral infections and cancers. *Pharmacol Res*. 2023;197:106978.

**Héctor Andrés González Ruiz** Doctorado en Farmacología, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Selene Guadalupe Huerta Olvera** Departamento de Ciencias Médicas y de la Vida, Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara.

**Christian Johana Baños Hernández** Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [johana.banos@academicos.udg.mx](mailto:johana.banos@academicos.udg.mx)



# Rendimiento en el campo de juego: ¿qué comen las futbolistas de la Universidad de Guadalajara?

Sergio Alejandro Copado Águila  
Linda de los Ángeles Almeida Vázquez

El fútbol es un deporte que se ha jugado desde hace mucho tiempo, iniciando en Mesoamérica, donde las culturas prehispánicas practicaban el “Ulama”, un deporte que también se conocía como “Tlachli”, y que tenía un profundo significado religioso y político [1]. Hoy en día, es uno de los deportes más populares en todo el mundo, jugado tanto por hombres como mujeres. El fútbol femenino ha ganado relevancia a nivel profesional y universitario en los últimos años, pero sigue existiendo una falta de estudios específicos sobre la salud, dieta y composición corporal de las futbolistas. A partir de esta investigación realizada en jugadoras universitarias mexicanas, se pueden destacar algunas recomendaciones clave para mejorar el rendimiento y la salud de las futbolistas, tanto a corto como a largo plazo.

## Alimentación balanceada y adaptada a la posición de juego

La alimentación es crucial para el rendimiento de una futbolista y debe ajustarse según la posición de juego; es decir, las porteras y defensas, por ejemplo, suelen tener un mayor peso corporal, lo que les permite ser más fuertes y resistentes en sus posiciones; por otro lado, las mediocampistas y delanteras, que requieren mayor velocidad y agilidad, tienden a ser más delgadas y con más masa muscular.

Por lo tanto, es importante adaptar la dieta de las jugadoras, no solo para mantener un peso y textura física adecuadas, sino también para optimizar su rendimiento deportivo. Las posiciones defensivas (portera y defensa) necesitan consumir más carbohidratos y proteínas para soportar la intensidad del juego, mientras que las posiciones ofensivas (mediocampistas y delanteras) deben centrarse en una alimentación que favorezca la agilidad y la resistencia. Sin embargo, un hallazgo importante en la tesis: “Perfil dietético y antropométrico en futbolistas femeninas universitarias mexicanas”, es que, en general, las jugadoras no estaban consumiendo suficientes carbohidratos y proteínas antes, durante ni después de los entrenamientos; así como un consumo de energía por debajo de las recomendaciones generales para mujeres atletas, lo que potencialmente puede afectar negativamente su recuperación, el rendimiento deportivo, e incluso en futuros trastornos del ciclo menstrual y una pobre salud de huesos; es por ello que se recomienda aumentar la ingestión de energía en la dieta, de acuerdo con las necesidades de cada jugadora y su posición de juego y asegurar un adecuado consumo de proteínas y carbohidratos antes, durante y después de los entrenamientos. Estas adecuaciones de la dieta deben llevarse a cabo por la/el nutriólogo.

Además de la alimentación, otro componente clave para el rendimiento deportivo es la hidratación. En este estudio se observó que las mediocampistas y delanteras, quienes tienden a correr más durante los entrenamientos/partidos, consumieron más líquidos que las defensas.

Sin embargo, es importante que todas las jugadoras independientemente de su posición mantengan un nivel óptimo de hidratación durante el día y especialmente antes, durante y después de los entrenamientos y partidos. La deshidratación no solo afecta el rendimiento físico sino también puede aumentar el riesgo de lesiones. Se recomienda que las jugadoras tengan una adecuada y suficiente ingestión de líquidos, ajustando el consumo según las condiciones climáticas y la intensidad de sus entrenamientos/partidos [2].

El estudio sugiere que la evaluación y monitoreo de la alimentación, hidratación y composición corporal de las jugadoras es crucial para prevenir lesiones y enfermedades, así como para optimizar su rendimiento. Es importante analizar regularmente la ingestión de energía y la distribución de carbohidratos, proteínas y grasas, así como otros factores como la masa muscular e indicadores como el índice de masa corporal.

Por ejemplo, las defensivas tuvieron más grasa corporal que las ofensivas, lo que puede ser una ventaja en términos de resistencia y fuerza; no obstante, es esencial que estas jugadoras mantengan un equilibrio adecuado entre masa muscular y grasa para evitar problemas de salud cardiovasculares. Implementar programas de evaluación dietética y de la composición corporal periódicos permiten ajustar los planes de entrenamiento y alimentación de las jugadoras según sus necesidades individuales.

## Suplementación y consumo de vitaminas y minerales

Una necesidad específica de las futbolistas es asegurar un adecuado consumo de hierro, calcio y vitamina D. El hierro es fundamental para prevenir la fatiga, especialmente en mujeres, que pueden perder grandes cantidades durante la menstruación. El calcio y la vitamina D, por su parte, son esenciales para mantener huesos fuertes y prevenir lesiones [3].

► **Recomendación:** incorporar suplementos, si es necesario, para asegurar que las jugadoras cubran sus necesidades de estos nutrimentos, en especial aquellas con mayor desgaste físico. Siempre es importante consultar con un profesional de la salud antes de que se modifiquen sustancialmente los hábitos actuales.

## Colaboración entre profesionales de la salud

El fútbol moderno es más exigente que nunca y el éxito de un equipo no depende solo de las habilidades individuales de las jugadoras sino también del trabajo de un equipo de



diferentes profesionales de la salud: nutriólogos, médicos, entrenadores y fisioterapeutas deben trabajar juntos para asegurarse de que las jugadoras reciban el apoyo adecuado en términos de salud, alimentación y prevención de lesiones, debido a que a lo largo de los años el fútbol ha cambiado, volviéndose más rápido y demandante para las jugadoras [4].

## Importancia de estudios continuos en futbolistas femeninas

El estudio realizado por Linda Almeida y Sergio Copado que fue tomado como referencia para estas recomendaciones es probablemente pionero en el análisis del perfil de la dieta y de la composición corporal de futbolistas universitarias mexicanas, y aunque no se encontraron diferencias significativas entre las posiciones de juego, resalta la necesidad de seguir investigando sobre la nutrición y las características físicas de las jugadoras, debido a que solo el 6% de los estudios en nutrición deportiva han sido en mujeres, lo cual es un área de oportunidad para futuras investigaciones [5].

El conocimiento que se genere a partir de estudios como este permitirá desarrollar estrategias más efectivas para mejorar el rendimiento de las jugadoras, y, en consecuencia, su salud a largo plazo.

## Conclusiones

Este estudio sobre futbolistas universitarias mexicanas proporciona una base para comprender mejor las necesidades dietéticas y de composición corporal de las jugadoras, pero también subraya la importancia de realizar evaluaciones más profundas y específicas. Optimizar la alimentación y el entrenamiento de acuerdo con la posición de juego y la condición física de cada futbolista puede marcar una gran diferencia en su rendimiento. Se recomienda que los entrenadores y profesionales del deporte consideren estos factores al planificar sus programas de entrenamiento y cuidado integral para el equipo.

## Referencias

1. Mireles Cruz R, Mireles Cruz R. Tlachtematlacatl y marcador de juego de pelota. San Bartolo, Acolman, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [Internet]. 2015 Jan 1 [cited 2024 Sep 16];2(13):467-73. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263141553066.pdf>
2. Randell RK, Clifford T, Drust B, Moss SL, Unnithan VB, De Ste Croix MBA, *et al.* Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports Medicine* [Internet]. 2021 Apr 12;51(7):1377-99. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01458-1>
3. Dobrowolski H, Karczemna A, Włodarek D. Nutrition for Female Soccer Players—Recommendations. *Medicina* [Internet]. 2020 Jan 10;56(1):28. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/medicina56010028>
4. Collins J, Maughan RJ, Gleeson M, Bilsborough J, Jeukendrup A, Morton JP, *et al.* UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *British Journal of Sports Medicine* [Internet]. 2021 Oct 23;55(8):416. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101961>
5. Areta JL, Elliott-Sale KJ. Nutrition for Female athletes: What We know, What We Don't know, and Why. *European Journal of Sport Science* [Internet]. 2022 Mar 20;22(5):669-71. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2046176>

**Sergio Alejandro Copado Águila** Laboratorio de Evaluación del Estado Nutricio. Departamento de Clínicas de la Reproducción Humana, Crecimiento y Desarrollo Infantil, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Linda de los Ángeles Almeida Vázquez** Egresada de la Licenciatura en Nutrición, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [sergio.copado@academicos.udg.mx](mailto:sergio.copado@academicos.udg.mx)

# La fuerza muscular: el camino hacia una vida saludable

Luis Eduardo García Flores

Cristian Oswaldo Hernández Ramírez

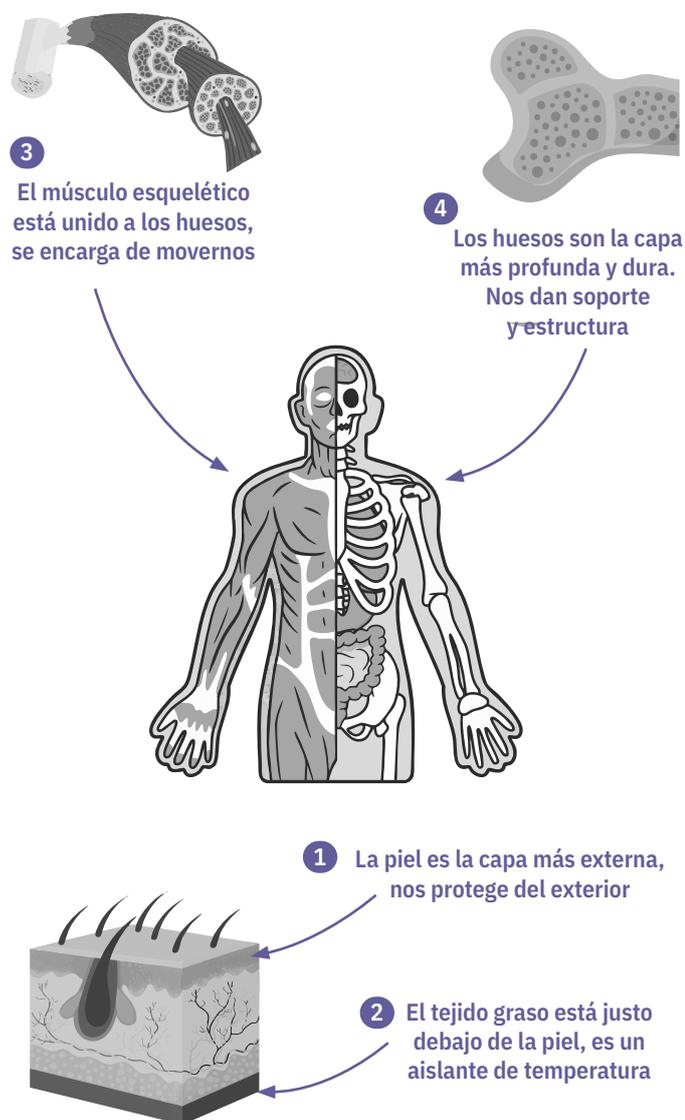


Fig. 1. El cuerpo humano explicado en capas, del exterior al interior.

## ¿Sabes cuál es el sistema más grande del cuerpo humano?

El sistema músculo esquelético compone alrededor del 40% del peso de un hombre adulto, lo que lo convierte en el sistema orgánico más grande en el humano (figura 1) [1]. Las funciones principales del músculo es generar fuerza, movimiento y sostener nuestro cuerpo [2].

En nuestro cuerpo existen tres tipos de músculo: el músculo esquelético, responsable de los movimientos voluntarios, el músculo liso, responsable de funciones automatizadas del cuerpo como los movimientos intestinales, y finalmente el músculo cardíaco solo presente en el corazón y también automatizado [1,2].

A la grasa corporal se le denomina tejido adiposo o grasa, la cual tiende a acumularse en el abdomen, las piernas y los brazos. Su función principal es de reserva energética y regular la temperatura corporal. Este tejido adiposo llega a ser hasta el 30% del peso corporal en mujeres y el 15% en hombres, estos porcentajes se consideran dentro de un peso saludable [2].

En la actualidad el estilo de vida sedentario (con poca actividad física) y la dieta occidental (alta en azúcares, grasa y productos procesados) ha producido un aumento de enfermedades crónicas como: sobrepeso, obesidad, presión alta, enfermedad renal crónica, infarto cerebral, diabetes, entre muchas otras [1,3].

## ¿Por qué ganamos o perdemos peso? La importancia del peso en la salud a lo largo de la vida

Las personas necesitan energía en todo momento, incluso cuando estamos descansando, la energía que utilizamos en 24 horas recibe el nombre de “gasto energético total”, y la energía que necesitamos solo para existir se llama “gasto energético basal”. Una persona puede aumentar su gasto energético total hasta 40% solo con una hora de ejercicio intenso, en comparación a su gasto basal [2].

La energía que utilizamos para todas nuestras funciones provienen de los alimentos, cuando consumimos más energía de la que utilizamos a lo largo del día; ese exceso se acumula en nuestro cuerpo en forma de grasa, y a largo plazo aumentamos de peso. Naturalmente este aumento sucede con mayor facilidad con un estilo de vida sedentario. Por otro lado, al hacer ejercicio, de cualquier tipo, el gasto energético diario será más alto, por lo tanto, más difícil pasarnos de energía consumida, y a largo plazo nos facilitará mantener nuestro peso o disminuirlo [1,3].

Existe una relación de causa y efecto entre la obesidad (exceso de peso) y el desarrollo de resistencia a la insulina y posteriormente diabetes mellitus, así como a la pérdida temprana de músculo esquelético [1,4]. De igual forma, aquellos niños que tuvieron obesidad serán más propensos a volver a tenerla en su adultez, así como desarrollar resistencia a la insulina o diabetes desde niños [5]. Igualmente, aquellas personas con obesidad durante su vida adulta tienen más riesgo de tener diabetes, hipertensión y otras enfermedades crónicas; dicho riesgo se mantiene en la vejez, añadiendo mayor dependencia de un cuidador, riesgo aumentado de osteoporosis (huesos frágiles) y sarcopenia (poco músculo) [2,4]. Estos riesgos cobran especial importancia en nuestro país donde los mayores de 18 años el 41% de los hombres y 36% de las mujeres tienen sobrepeso [6].

## ¿Sabías que el tamaño sí importa?...

### Al menos cuando hablamos de tus músculos

El músculo esquelético es clave en el metabolismo de los carbohidratos (azúcares). Este tejido se encarga de utilizar hasta el 80% de la glucosa (azúcar) que consumimos [1,4]. Las fallas en el aprovechamiento de los azúcares por el músculo esquelético pueden presentarse por pérdida de la capacidad del músculo para absorberlos (re-

sistencia a la insulina), o el bajo o nulo funcionamiento del páncreas (diabetes mellitus) [1].

Este proceso se puede simplificar así: los carbohidratos son el combustible que necesitamos para funcionar, y el músculo sería el consumidor principal. Sin embargo, cuando hay un error en cualquiera de los procesos que permiten que el músculo utilice los azúcares, estos aumentan su nivel en sangre, esto se conoce como hiperglucemia (azúcar elevado en sangre). Si tenemos hiperglucemia constantemente terminamos por desarrollar diabetes mellitus. Es por esto que tener músculos grandes y fuertes nos puede ayudar a prevenir enfermedades relacionadas al metabolismo [1,4].

## ¿Es peligroso que los niños entrenen pesas?

Se suele decir que los niños no deben levantar pesas, ya que corren el riesgo de lastimarse, sufrir de una hernia, o incluso quedarse “bajitos”. No obstante, se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza es seguro desde la niñez, siempre y cuando esté correctamente supervisado y se realice la técnica correcta [5].

Normalmente, se cree que los niños y adolescentes solo deben realizar deportes de equipo o individuales como fútbol, basquetbol, béisbol, natación o atletismo, sin embargo, se ha descubierto que tienen un mayor número de lesiones frente a los entrenamientos con pesas, además, si se practica un deporte y se complementa con levantamiento de peso se disminuye significativamente el riesgo de lesionarse [5].

El entrenamiento de fuerza además de mejorar la condición física puede tener efectos positivos en la salud mental, ya que mejora la habilidad para socializar, el sentido de pertenencia a un grupo, así como también desarrollamos el hábito de la actividad física, y se facilita el apego a lo largo de la vida, o por lo menos a largo plazo [5].

A pesar de los grandes beneficios que pueden ofrecer los entrenamientos con peso, no se

debe perder de vista la seguridad. Es necesario que en todo momento los menores sean supervisados, que lo realicen en un entorno seguro y con equipo y máquinas que han recibido el mantenimiento adecuado, además de cuidar estrictamente las técnicas de ejecución [3,5].

## ¿Sabías que el envejecimiento afecta nuestro sistema muscular?

Después de los 40 a 50 años de vida el músculo esquelético presenta un declive natural, a través de un fenómeno conocido como envejecimiento secundario. Cuando este deterioro normal (fisiológico) se combina con inactividad física y alimentación inadecuada, la pérdida muscular puede ser considerable; si llega a afectar la salud, se le conoce como sarcopenia [4].

La sarcopenia (muy poco tejido muscular) puede implicar la pérdida de la movilidad, debilidad considerable y la dependencia de los adultos mayores para las actividades de la vida diaria, que pueden ser actividades tan simples y necesarias como vestirse, alimentarse o asearse [3,4].

La sarcopenia en el adulto es un factor de riesgo para muerte a temprana edad, así como para desarrollar diabetes y otras complicaciones en la vejez debidas directamente a la debilidad y la poca movilidad como úlceras por presión, fracturas, entre otras [1,4].

## ¿Cuáles son las recomendaciones generales para iniciar a entrenar?

Existen dos pilares para la formación y mantenimiento de la masa muscular, que serían el ejercicio enfocado en hipertrofia (aumento del tamaño), y la alimentación alta en proteínas, sin embargo, esta última recomendación varía según las condiciones de salud previa, el peso corporal y otras variantes, por lo que se recomienda asesorar con un profesional en nutrición [4].

A través del entrenamiento de fuerza se consigue un aumento de la cantidad de músculo y

de la calidad de los huesos debido a su remodelación por las cargas mecánicas repetitivas [3,4]. Se puede ganar músculo incluso invirtiendo poco tiempo por semana (figura 2). Se recomienda entrenar tres veces por semana, incluso sin ser consecutivos [3].

Se recomienda que las personas inicien con periodos de acondicionamiento con cargas ligeras, con el fin de aprender correctamente las técnicas, y evitar problemas de salud relacionados a una carga de trabajo excesiva cuando el cuerpo aún no se ha adaptado. Lo más recomendable siempre será el acompañamiento profesional para reducir al máximo el riesgo de lesiones [3,5].

## ¿Realmente se puede vivir más años saludables si vas al gimnasio?

Sí, es posible vivir más años a través de mejorar el estado físico. Entrenar con pesos libres o

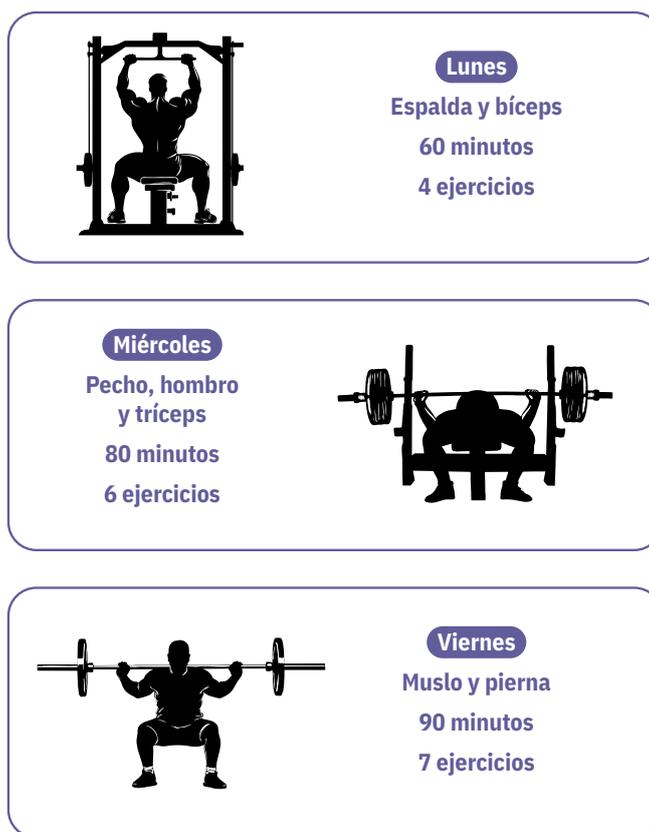


Figura 2. Programa de entrenamiento semanal. Imagen demostrativa.

máquinas, o incluso con el propio peso corporal, conlleva un aumento de la masa muscular, una disminución del tejido graso, reducción de la presión arterial, mejor salud de los huesos, menor riesgo de padecer diabetes y mejor control en aquellos quienes ya la tienen. Además confiere mayor calidad de vida en la vejez, ya que retrasa la pérdida natural de músculo, así como también ayuda a mantener la capacidad de moverse y ser independiente, esto se traduce en un mejor estado físico [3].

## Conclusiones

Existen grandes beneficios en el ejercicio con pesas por sí mismo o combinado con ejercicio cardiovascular. Estos beneficios son más grandes si se comienza a entrenar en edades tempranas, sin embargo, nunca será tarde para iniciar, incluso en la vejez, aunque ya se tengan enfermedades crónicas, se puede mejorar la esperanza de vida y su calidad.

Siempre se recomienda acompañarse de profesionales de la salud para obtener los mejores resultados y prevenir lesiones al mínimo. No obstante, hoy en día se puede aprender de forma autodidacta, solo hay que estar pendientes de la calidad de la información y ser cuidadosos respecto a nuestro entorno y capacidades.

## Referencias

1. Merz KE, Thurmond DC. Role of skeletal muscle in insulin resistance and glucose uptake. *Comprehensive Physiology* [Internet]. Julio 2020 1;10(3):785–809. [citado 02 Septiembre 2024] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cphy.c190029>
2. Moczydlowski E. Capítulo 9: Fisiología celular del músculo esquelético, cardíaco y liso. P. 100-112, Shulman G, Petersen K. Capítulo 58: Metabolismo. P. 615-617. En: WF Boron, EL Boulpaep. *Manual de fisiología médica*. 3ra edición. Boron & Boulpaep. Elsevier; 2021 [citado 3 septiembre 2024].
3. Fyfe JJ, Hamilton DL, Daly RM. Minimal-Dose Resistance Training for Improving Muscle Mass, Strength, and Function: A Narrative Review of Current Evidence and Practical Considerations [Internet]. *Sports Medicine. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*. 2022;52:463-79 [citado 3 de septiembre 2024]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-021-01605-8>
4. Daily JW, Park S. Sarcopenia Is a Cause and Consequence of Metabolic Dysregulation in Aging Humans: Effects of Gut Dysbiosis, Glucose Dysregulation, Diet and Lifestyle [Internet]. *Cells*. 2022;11 [citado 08 septiembre 2024]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8834403/>
5. Stricker PR, Faigenbaum AD, McCambridge TM. Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics* [Internet]. 2020 Jun 1 [citado 09 septiembre 2024];145(6). Disponible en: <https://publications.aap.org/pediatrics/article/145/6/e20201011/76942/Resistance-Training-for-Children-and-Adolescents?autologincheck=redirected>
6. Campos-Nonato I, Galván-Valencia Ó, Hernández-Barrera L. Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la ENSANUT 2022. *Salud pública de México* [Internet]. Abril 2023 [citado 08 Noviembre 2024];65(1):238–48. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2022/doctos/analiticos/31-Obesidad.y.riesgo-ENSANUT2022-14809-72498-2-10-20230619.pdf>

**Luis Eduardo García Flores** Licenciatura en Médico Cirujano y Partero, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Cristian Oswaldo Hernández Ramírez** Coordinador de Ecosistemas para el Aprendizaje, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Contacto: [cristian.hernandez@cucs.udg.mx](mailto:cristian.hernandez@cucs.udg.mx)

# Artrosis: una enfermedad que afecta a tus articulaciones

Fátima Sofía Xaxalpa Magaña  
Alondra Monserrat Chávez Márquez  
Guillermina Muñoz Ríos

El desgaste articular, conocido como artrosis, es una de las principales causas de dolor y limitación en la movilidad a nivel mundial, afectando a millones de personas. Esta condición degenerativa ocurre cuando el cartílago que protege las articulaciones se deteriora con el tiempo provocando fricción entre los huesos, dolor, rigidez y pérdida de la función articular. Aunque el envejecimiento es uno de los factores clave, otras causas como el sobrepeso, las lesiones articulares previas y la genética también influyen en su desarrollo [1].

A medida que hemos aumentado los hábitos de vida sedentarios, el desgaste articular se ha convertido en un problema de salud pública creciente. Por lo tanto, es fundamental identificar estos factores de riesgo y adoptar medidas preventivas que ayuden a mantener la función articular por más tiempo.

De esta manera, el presente artículo busca explorar tanto los factores que contribuyen al desgaste articular como las estrategias preventivas en el ámbito nutricional y fisioterapéutico, para fomentar hábitos que permitan reducir el riesgo de esta condición y mejorar la calidad de vida de la población [1].

## ¿Qué es una articulación y cuáles son sus componentes?

Una articulación es el punto de conexión entre dos o más huesos, lo que permite que nuestro cuerpo se mueva y mantenga su estabilidad; su función es parecida a la bisagra de una puerta. Existen varios tipos de articulaciones, pero las más comunes son las sinoviales, cartilaginosas y fibrosas [2].

Las articulaciones sinoviales son las más flexibles, y están formadas por:

- ▶ **Cartílago articular:** es un tejido que servirá como un cojín blando en los extremos de los huesos de la articulación, asegurando que el movimiento sea suave y sin roces entre sí [2].
- ▶ **Membrana sinovial:** es una membrana delgada que rodea la articulación y produce un líquido especial, llamado líquido sinovial [2].
- ▶ **Líquido sinovial:** es el líquido, producido por la membrana sinovial, que actúa como un aceite que lubrica el cartílago articular para que los huesos se deslicen uno sobre el otro, sin que sus superficies rocen [2].
- ▶ **Cápsula articular:** es una capa fibrosa protectora que rodea la articulación, como la cáscara de una naranja que mantiene estable a la articulación y asegura que el líquido sinovial permanezca en su lugar [2].
- ▶ **Ligamentos:** son bandas de tejido que conectan a los huesos entre sí. Actúan como cuerdas muy resistentes que evitan movimientos excesivos y brindan estabilidad a la articulación [2].
- ▶ **Discos o meniscos:** estas estructuras, que se encuentran en algunas articulaciones como la rodilla, actúan como almohadillas, que mejoran el impacto a través de la distribución del peso actuando como amortiguadores [2].

Este conjunto de componentes permite que las articulaciones sinoviales faciliten movimientos suaves y controlados, protegiendo al mismo tiempo nuestras articulaciones de lesiones. Por otro lado, las articulaciones cartilaginosas permiten movimientos limitados, mientras que las articulaciones fibrosas permiten muy poca o ninguna movilidad [2].

## ¿Qué es la artrosis?

La artrosis es una enfermedad articular que se desarrolla de forma progresiva deteriorando las articulaciones. Con el paso del tiempo, los tejidos que las componen se van deteriorando, afectando el movimiento del cuerpo y con ello

puede perjudicar la calidad de vida de las personas. Afecta principalmente al cartílago articular, pero también involucra cambios en el tejido sinovial. Se caracteriza por el desgaste del cartílago e inflamación sinovial, lo que lleva a síntomas como dolor, rigidez, hinchazón y pérdida de la función articular normal [1].

## Factores influyentes en el desarrollo de la artrosis

Hay factores internos y externos que pueden favorecer el desarrollo de esta enfermedad, aumentando el riesgo de que las articulaciones sufran un deterioro progresivo, principalmente en aquellas que soportan el peso del cuerpo, como las rodillas, caderas y columna vertebral [3].

Entre dichos factores, encontramos:

1. **Edad avanzada:** siendo más común en personas mayores de 60 años. El envejecimiento contribuye a cambios en el cartílago y otros tejidos articulares [1,3].
2. **Factores previos en la articulación:** cualquier daño articular previo, como pueden ser las fracturas, afectan la función normal de los puntos de unión entre los huesos y pueden desencadenar problemas a largo plazo [1,3].

Imaginemos que la articulación es como una puerta que se abre y cierra sin problemas. Si esa puerta sufre un golpe fuerte y se rompe, aunque se repare, no volverá a funcionar con la misma efectividad que antes. Ese daño puede hacer que, con el tiempo, la articulación comience a desgastarse más rápido, como cuando las bisagras de la puerta empiezan a oxidarse y ya no permiten que se mueva suavemente, siendo esto lo que se conoce como un proceso degenerativo, que puede empeorar si no se cuida adecuadamente [1,3].

3. **Obesidad:** el exceso de peso aumenta la presión sobre las articulaciones, especialmente las de carga como las rodillas. Esto acelera el desgaste del cartílago, lo que puede causar dolor y rigidez. Además, puede provocar



inflamación, lo que empeora el daño en las articulaciones [3].

4. **Genética:** algunas personas pueden heredar ciertas características que propicien el desarrollo de esta enfermedad [3].
5. **Factores del movimiento corporal:** un esfuerzo o presión inadecuado en las articulaciones puede contribuir al desarrollo de esta enfermedad acelerando el daño articular.

Estos factores interactúan de manera compleja, y su comprensión es crucial para el desarrollo de estrategias de prevención y tratamiento de la enfermedad [3].

## Medidas preventivas: nutrición y fisioterapia

Dado el impacto de los factores mencionados, es esencial implementar estrategias preventivas que puedan reducir el riesgo o retrasar el progreso del desgaste articular. Estas estrategias incluyen tanto intervenciones nutricionales como fisioterapéuticas, enfocadas en fortalecer las articulaciones, mejorar su funcionalidad y reducir la inflamación [4,5].

## Nutricionales

- ▶ **Dieta equilibrada y control de peso:** una alimentación balanceada, rica en frutas, verduras, proteínas provenientes del animal, así como de origen vegetal y grasas saludables, es fundamental para mantener un peso adecuado, lo que reduce la sobrecarga en las articulaciones. Reducir el consumo de alimentos ultraprocesados y azúcares también disminuye los niveles de inflamación en el cuerpo [4].
- ▶ **Vitaminas y minerales clave:** la vitamina D mejora la absorción de calcio, un mineral necesario para tener huesos fuertes, favoreciendo las condiciones de nuestras articulaciones. Con huesos más fuertes, las articulaciones están mejor protegidas y funcionan adecuadamente. De igual manera, puede reducir la inflamación en las articulaciones, lo que ayuda a prevenir el dolor y las molestias. Por otro lado, la vitamina C es clave para la producción de colágeno, un componente importante dentro de la estructura del cartílago [4]. No obstante, es importante recordar que dicha información nutricional proporcionada debe ser personalizada para cada individuo. La orientación de un profesional de la nutrición es fundamental para garantizar que estas recomendaciones se ajusten a las necesidades específicas de cada persona, considerando factores como su estado de salud, estilo de vida y objetivos [4].
- ▶ **Ácidos grasos omega-3:** los omega-3 son aquellas grasas saludables presentes en alimentos como el pescado azul, las semillas de chía y las nueces, teniendo propiedades antiinflamatorias que pueden proteger las articulaciones y disminuir el dolor en personas con este padecimiento. Además, contribuyen a la lubricación articular, favoreciendo la movilidad [4].

## Fisioterapia

- ▶ **Ejercicio de bajo impacto:** actividades como caminar, nadar o practicar yoga son recomendadas para fortalecer los músculos que rodean las articulaciones sin someterlas a estrés excesivo [5].

- ▶ **Tomar descansos:** el exceso en las actividades que requieren de mucha energía y movimientos físicos pueden proporcionar un efecto negativo en rebote, es decir que en lugar de mejorar, tu cuerpo se sentirá más cansado o incluso puede llegar a lesionarse. Por ejemplo, si corremos todos los días sin permitir un descanso, nuestros músculos y articulaciones no tendrán ese tiempo de recuperación necesario para fortalecerse, logrando en consecuencia una respuesta negativa como lo sería una lesión. Por eso, es importante recordar el descanso oportuno entre actividades demandantes [5].

## Conclusiones

La artrosis es una enfermedad degenerativa que afecta el cartílago de las articulaciones, y que cada vez se encuentra con más frecuencia dentro de la sociedad debido al envejecimiento, herencia genética, obesidad, lesiones articulares previas y sobrecarga mecánica; provocando dolor, rigidez y pérdida de movilidad. Además, factores como el sedentarismo, la alimentación inadecua-



da y la falta de ejercicio influyen en su desarrollo y progresión. Esta condición puede afectar la calidad de vida de las personas, sobre todo de aquellas de edad avanzada.

La prevención de la artrosis se basa en adoptar un estilo de vida saludable, que incluye mantener un peso corporal adecuado, realizar actividad física regular y seguir una dieta equilibrada rica en nutrientes antiinflamatorios. La práctica de ejercicios de bajo impacto, como caminar, nadar o practicar yoga, junto con una adecuada hidratación, así como la toma de descansos entre actividades, pueden llegar a producir respuestas positivas para nuestra salud articular.

Es fundamental identificar la importancia del cuidado integral de la salud y la consulta con profesionales de la salud antes de modificar cualquier hábito de vida o iniciar tratamientos. Un enfoque preventivo y personalizado, bajo la supervisión de un especialista, es esencial para manejar los factores de riesgo y mejorar la calidad de vida de los pacientes con artrosis o en riesgo de desarrollarla.



## Referencias

1. World Health Organization: WHO, World Health Organization: WHO. *Artrosis* [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/osteoarthritis>
2. Decker RS, Koyama E, Pacifici M. Génesis y morfogénesis de las articulaciones sinoviales de las extremidades y el cartílago articular. *Matrix Biol.* 2014 Oct;39:5-10. doi: 10.1016/j.matbio.2014.08.006. Epub 27 de agosto de 2014. PMID: 25172830; PMCID: PMC4198612. <https://doi.org/10.1016/j.matbio.2014.08.006>
3. Musumeci G, Aiello F, Szychlinska M, Di Rosa M, Castrogiovanni P, Mobasheri A. Osteoarthritis in the XXIst Century: Risk Factors and Behaviours that Influence Disease Onset and Progression. *International Journal Of Molecular Sciences* [Internet]. 16 de marzo de 2015;16(12):6093-112. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25785564/>
4. Shawl M, Geetha T, Burnett D, Babu J. Omega-3 Supplementation and Its Effects on Osteoarthritis. *Nutrients* [Internet]. 28 de mayo de 2024;16(11):1650. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu16111650>
5. Kolasinski SL, Neogi T, Hochberg MC, Oatis C, Guyatt G, Block J, et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation guideline for the management of osteoarthritis of the Hand, hip, and knee. *Arthritis & Rheumatology.* 2020;72(2):220-233. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/art.41142>

**Fátima Sofía Xaxalpa Magaña** Estudiante de la Licenciatura en Médico Cirujano y Partero, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Alondra Monserrat Chávez Márquez** Estudiante de la Licenciatura en Médico Cirujano y Partero, CUCS, UdeG.

**Guillermina Muñoz Ríos** Laboratorio de Histología y Embriología, Departamento de Morfología, CUCS, UdeG.

Contacto: [guillermina@academicos.udg.mx](mailto:guillermina@academicos.udg.mx)



Gilberto Carlos García Bernal  
Carlos Olvera Sandoval  
María Jossé Navarro Ibarra

# Vitamina D: ¿estamos todos en riesgo de deficiencia y sus consecuencias?

**P**robablemente has oído hablar de la vitamina D, pero ¿por qué es tan importante?

Para responder a esa pregunta, hagamos un breve viaje al pasado. A principios del siglo XVII, cuando se publicó *Don Quijote de la Mancha*, los médicos notaron que algunos niños tenían deformidades en los huesos, especialmente en las piernas, que parecían formar un paréntesis, con las rodillas hacia afuera. Estos niños padecían raquitismo, una enfermedad causada por una deficiencia severa de vitamina D [1]. Desde entonces, sabemos que esta vitamina es esencial para la salud. Pero ¿qué es exactamente una vitamina y por qué es especial la vitamina D?

Las vitaminas son nutrientes que nuestro cuerpo necesita para funcionar bien, pero que no puede fabricar por sí mismo, así que debemos obtenerlas a través de los alimentos. Sin embargo, la vitamina D es una excepción: nuestro cuerpo sí puede producirla cuando la piel se expone al sol. Este descubrimiento se hizo alrededor de 1919 y sorprendió a los científicos, ya que, a diferencia de otras vitaminas, no siempre necesitamos obtenerla de la comida. Esta particularidad de producirse en el cuerpo hace que la vitamina D sea especial y muy importante para nuestro organismo [1].

Actualmente sabemos que la vitamina D actúa en el cuerpo más como una hormona, es decir como una sustancia que ayuda a coordinar y regular varias funciones importantes en nues-

tro cuerpo [2]. Su función principal es regular los niveles de calcio, un mineral esencial que ayuda a fortalecer los huesos y dientes, y además es necesario para que los músculos se muevan correctamente y que el corazón mantenga su ritmo normal. La vitamina D también ayuda a fortalecer el sistema inmunológico, que es la defensa natural del cuerpo contra las infecciones y otras enfermedades. Además, la vitamina D juega un papel importante en el metabolismo, que es el proceso mediante el cual nuestro cuerpo convierte los alimentos en energía, así como en las reservas de grasa en nuestro cuerpo, la función del hígado y del páncreas, y en el adecuado funcionamiento de los músculos [2].

## ¿De dónde obtenemos vitamina D?

Aproximadamente el 90% de la vitamina D proviene de la exposición al sol, y el 10% de los alimentos [2]. Por lo tanto, la clave está en exponerse al sol y complementar con una buena alimentación. Los alimentos que tienen mayor cantidad de vitamina D son alimentos de origen animal como los pescados, principalmente el atún, salmón y las sardinas, y en menor cantidad el huevo, la mantequilla, el hígado de res y lácteos.

## Deficiencia de vitamina D: ¿quiénes están en riesgo?

La deficiencia de vitamina D se refiere a tener niveles bajos en la sangre, lo que significa que el cuerpo no está recibiendo suficiente cantidad de esta vitamina a través de la alimentación y la exposición al sol para mantener nuestro cuerpo saludable. Aquí es donde comienzan las malas noticias. Las investigaciones han identificado diversos factores que aumentan el riesgo de tener deficiencia (tabla 1) [3]:

Tabla 1. Principales factores de riesgo para deficiencia de vitamina D.

<p><b>Poca exposición al sol</b></p>	<p><b>Uso de protector solar, sombrilla o ropa protectora:</b> estos bloquean los rayos solares que llegan a la piel, impidiendo que el cuerpo fabrique suficiente vitamina D.</p> <p><b>Vivir en lugares con poco sol directo:</b> en algunas partes del mundo, especialmente en zonas frías, la luz solar es menos intensa, y durante el invierno el cuerpo produce menos vitamina D.</p> <p><b>Estilo de vida en interiores:</b> pasar mucho tiempo en oficinas o en ciudades contaminadas, reducen la exposición solar.</p>
<p><b>Factores biológicos</b></p>	<p><b>Genética:</b> algunas personas tienen características genéticas que afectan los niveles de vitamina D en sangre.</p> <p><b>Piel oscura:</b> la melanina, que es el pigmento de la piel, actúa como una barrera natural contra los rayos del sol, esto hace que personas con piel más oscura produzcan menos vitamina D.</p> <p><b>Edad avanzada:</b> con los años, la piel produce menos vitamina D y también disminuye la cantidad que el intestino puede absorber.</p> <p><b>Sobrepeso y obesidad:</b> la vitamina D se almacena en la grasa del cuerpo. En personas con sobrepeso u obesidad, parte de esta vitamina queda “atrapada” en esa grasa y no está disponible en la sangre.</p>
<p><b>Condiciones de salud y enfermedades</b></p>	<p><b>Enfermedades crónicas:</b> problemas en el sistema digestivo, el hígado o los riñones dificultan que el cuerpo use esta vitamina de forma adecuada.</p> <p><b>Medicamentos:</b> ciertos medicamentos, como los usados para tratar convulsiones, inflamación o infecciones graves, afectan la cantidad de vitamina D que el cuerpo puede absorber.</p> <p><b>Otras enfermedades raras.</b></p>
<p><b>Grupos de riesgo especiales</b></p>	<p><b>Bebés alimentados solo con leche materna:</b> la leche materna no contiene suficiente vitamina D, lo cual puede provocar deficiencia si los bebés no reciben suplemento de esta vitamina.</p> <p><b>Niños y adolescentes:</b> en etapas de crecimiento rápido, el cuerpo consume mucha vitamina D, aumentando el riesgo de deficiencia.</p> <p><b>Embarazadas y mujeres lactantes:</b> durante el embarazo y la lactancia, se necesita más cantidad de esta vitamina para cubrir tanto a la madre como al bebé.</p>

Como podrás darte cuenta, muchas personas están en riesgo de tener deficiencia, sobre todo si tienen dos o más de estos factores. Entonces ¿cómo podemos saber si tenemos un nivel adecuado de vitamina D en nuestro cuerpo? Al igual que se mide el nivel de azúcar en la sangre, se puede medir la cantidad de vitamina D con un análisis de sangre y poder detectar si se tienen niveles bajos de esta vitamina en nuestro cuerpo. Sin embargo, no es necesario que todos se hagan esta prueba; es el médico quien debe tomar esta decisión.

### ¿Qué pasa si tengo deficiencia?

Si el cuerpo no tiene suficiente vitamina D en la sangre, los niveles de calcio disminuyen, y para solucionar esto, el cuerpo “toma prestado” calcio de los huesos, lo que puede debilitarlos y aumentar el riesgo de fracturas. Además, la deficiencia de vitamina D puede aumentar la probabilidad de desarrollar problemas de salud más serios, como diabetes, que es una enfermedad causada por tener altos niveles de azúcar en la sangre; y enfermedades del corazón, que pueden ocasionar un infarto o derrame cerebral.

También puede hacer que nuestro sistema inmunológico no funcione adecuadamente, lo que nos hace más susceptibles a enfermarnos [4].

## ¿Todos debemos tomar el sol?

Sí, pero con precaución. Aunque el sol es importante para que nuestro cuerpo produzca vitamina D, demasiada exposición solar puede aumentar el riesgo de cáncer de piel. Por eso, lo ideal es tomar el sol entre 5 a 30 minutos al día, la mayoría de los días, sin protector solar. Después de ese tiempo, es mejor evitar seguir expuestos al sol o utilizar protección, como ropa, sombrero o bloqueador solar. Es fundamental recordar que estas son pautas generales, y la cantidad de sol que necesitamos puede cambiar según la época del año, la hora del día, si está nublado, la contaminación y el color de piel. Por ejemplo, en verano una persona con piel clara podría necesitar solo 5 minutos de sol en sus brazos y piernas, en cambio, durante el invierno, alguien con piel más oscura podría requerir 15 minutos de sol en brazos, antebrazos, torso, muslos y piernas para obtener la misma cantidad de vitamina D [3].

## Conclusiones

Mantener niveles adecuados de vitamina D puede ser un reto, pero es muy importante para nuestra salud. La mejor forma de lograrlo es combinar una exposición solar segura con una dieta rica en alimentos que contengan vitamina D. Entonces, es recomendable incluir en nuestra alimentación pescados como salmón, sardina, atún, macarela y bacalao, así como queso, huevos, hígado de res, champiñones y en algunos productos que están fortificados como ciertos lácteos, cereales, jugo de naranja y leches vegetales. Otra pregunta frecuente es: ¿debo tomar un suplemento? Aunque estos suplementos son generalmente seguros, es importante recordar que la vitamina D actúa como una hormona, y no deberías automedicarte. Si crees que puedes estar en riesgo de tener deficiencia de vitamina D, es buena idea consultar con un profesional de

la salud. Ellos pueden evaluar tus niveles de esta vitamina y darte recomendaciones personalizadas. La deficiencia de vitamina D puede afectar tu salud, pero con una adecuada exposición solar, una alimentación balanceada y, en caso de ser necesario, suplementación, se pueden aumentar los niveles de esta vitamina en nuestro cuerpo para prevenir la deficiencia.

## Referencias

1. Jones G. 100 years of vitamin D: Historical aspects of vitamin D. *Endocrine Connections* [Internet]. 2022 Apr 22;11(4). Disponible en: <https://doi.org/10.1530/ec-21-0594>
2. Díez JJ. El sistema endocrino de la vitamina D: fisiología e implicaciones clínicas. *Revista Española de Cardiología Suplementos* [Internet]. 2022 Jan 1;22:1-7. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s1131-3587\(22\)00005-x](https://doi.org/10.1016/s1131-3587(22)00005-x)
3. Sizar O, Khare S, Goyal A, Givler A. *Vitamin D deficiency* [Internet]. StatPearls - NCBI Bookshelf. 2023. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532266/>
4. Kausar H, Palakeel JJ, Ali M, Chaduvula P, Chhabra S, Lamichhane SL, et al. Factors showing the growing relation between vitamin D, metabolic syndrome, and obesity in the adult population: a systematic review. *Cureus* [Internet]. 2022 Jul 27. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.27335>

**Gilberto Carlos García Bernal** Programa de Maestría en Ciencias de la Nutrición, Facultad de Medicina Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California.

**Carlos Olvera Sandoval** Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California.

**María Jossé Navarro Ibarra** Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California.

Contacto: [maria.navarro.ibarra@uabc.edu.mx](mailto:maria.navarro.ibarra@uabc.edu.mx)



## Protagonismo femenino: **Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia**

**Mariana Belén Moya García**

**A**doptar identidades falsas, desafiar normas sociales para acceder a la universidad o trabajar sin remuneración, son algunos ejemplos de las dificultades que cientos de mujeres han enfrentado para integrarse en la ciencia. Estas luchas no solo han buscado el reconocimiento de su trabajo, sino que también han abierto el camino para que futuras generaciones de mujeres sigan contribuyendo al avance científico.



### Contexto histórico

Desde la antigüedad, las mujeres han contribuido significativamente a la ciencia, pero sus aportes fueron ignorados y subestimados debido a prejuicios de género. Durante la Edad Media, se les negó el acceso a la educación y a las universidades. Además, a lo largo del tiempo, las científicas han enfrentado diversas barreras en sus trayectorias. En este contexto, a partir de 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció como el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia el 11 de febrero de cada año, reconociendo su papel invaluable e impulsando su participación en todos los campos científicos.



### Relevancia científica y social

Las destacadas contribuciones de las mujeres a la ciencia han sido fundamentales para el desarrollo de tecnologías innovadoras, el avance de la medicina y la transformación del conocimiento científico. Estas contribuciones han sentado las bases de la ciencia nuclear moderna y revolucionado la medicina con el uso de rayos X y la radioterapia. Además, han sido pioneras en la comprensión de la biología molecular y cruciales en el tratamiento de enfermedades.



### Impacto en la vida actual

En el mundo, aproximadamente uno de cada tres investigadores es mujer. Y aunque siguen persistiendo barreras y estereotipos de género, se ha logrado reconocer que la ciencia debe de ser diversa, equitativa e inclusiva y que las mujeres y niñas cuentan con la capacidad de brindar otras formas de ver, entender y ofrecer soluciones a problemas complejos. Se entiende que la educación es un derecho humano fundamental que empodera a las mujeres y niñas, a la vez que fortalece su potencial para la generación de conocimiento.

**Mariana Belén Moya García** Licenciatura en Nutrición, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.



## 4 de marzo: Día Mundial de la Obesidad

Alondra Guadalupe Mora Jiménez

El 4 de marzo se celebra el Día Mundial de la Obesidad, una fecha dedicada a sensibilizar sobre esta enfermedad que afecta a millones de personas. La obesidad no es solo un problema estético, es una enfermedad crónica caracterizada por un exceso de grasa corporal que puede contribuir al desarrollo de múltiples problemas de salud, como diabetes, enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, entre otras.



### Contexto histórico

La obesidad ha sido reconocida como un problema de salud pública desde finales del siglo XX. A medida que los estilos de vida cambiaron, las tasas de obesidad comenzaron a aumentar, es por ello que en 2015 la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció el Día Mundial de la Obesidad, con el objetivo de unificar esfuerzos globales para sensibilizar a la población sobre sus causas y efectos, y promover acciones efectivas para su prevención y tratamiento.



### Relevancia científica y social

Es una enfermedad multifactorial que involucra aspectos genéticos, metabólicos y de estilo de vida. Investigaciones científicas han demostra-

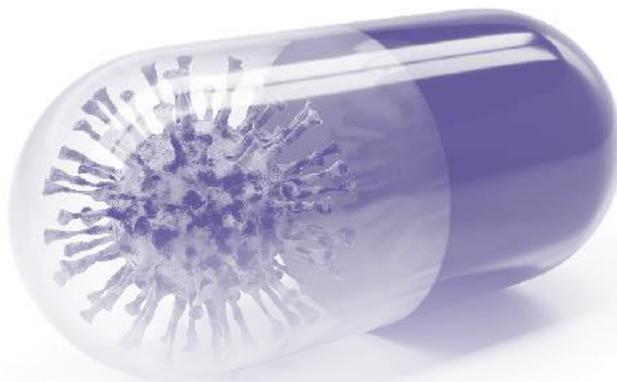
do que factores como la dieta poco saludable, la falta de actividad física y el entorno social juegan un papel crucial en su desarrollo. Socialmente, la obesidad puede llevar a la estigmatización y a la discriminación, afectando la salud mental de quienes la padecen.



### Impacto en la vida actual

Actualmente la obesidad tiene graves repercusiones, incrementando el riesgo de desarrollar otras enfermedades, afectando la salud física y mental y limitando su calidad de vida. Recientemente la pandemia de COVID-19 ha exacerbado el problema, aumentando la inactividad física y los hábitos alimenticios poco saludables. En este contexto, el Día Mundial de la Obesidad es una oportunidad para promover estilos de vida saludables y políticas públicas que ayuden a combatir esta epidemia, recordando que la prevención y el tratamiento son esenciales para mejorar la calidad de vida de millones de personas.

Alondra Guadalupe Mora Jiménez Doctorado en Ciencias en Biología Molecular en Medicina, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.



## Zidovudina: el primer medicamento antirretroviral para el tratamiento del VIH

Cristina Alejandra Muñoz Hernández

La infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) fue de las epidemias que cobró miles de vidas en el mundo y en México en los años 80 y 90. Al ser una infección que afectó a diversas poblaciones en poco tiempo, científicos comenzaron con investigaciones para posibles tratamientos. Siendo el 20 de marzo de 1987 cuando la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) aprobó el fármaco “Zidovudina” para su uso contra el VIH.



### Contexto histórico

La Zidovudina (AZT, por sus siglas en inglés) fue desarrollada por Jerome Horwitz en 1964 para tratar el cáncer generado por retrovirus, sin embargo, su administración fue ineficaz, tóxica y mortal. En 1985, Samuel Broder y colegas demostraron que el fármaco tenía un efecto contra el VIH *in vitro*, al incrementar el conteo de células T. Posteriormente, Burroughs-Wellcome llevó a cabo un ensayo aleatorio controlado, demostrando que el fármaco prolongaba la vida de los pacientes al intervenir en la replicación viral debido a su efecto para inhibir la transcriptasa inversa, una enzima clave en el virus del VIH. Con ese hallazgo, la FDA

aprobó el fármaco en 1987, siendo el primer antirretroviral para tratar la enfermedad.



### Relevancia científica y social

El VIH/sida siguió siendo tema de investigación, por lo tanto, el tratamiento para dicha enfermedad fue evolucionando con el paso de los años al ver que el fármaco tenía diversos efectos secundarios. Por lo que científicos crearon otros fármacos antirretrovirales, demostrando que la combinación de al menos tres fármacos, ayudaba a reducir la morbimortalidad y a suprimir el virus.



### Impacto en la vida actual

Actualmente, el virus del VIH sigue propagándose, sin embargo, se espera una reducción del 90% de las nuevas infecciones para 2030. La terapia con antirretroviral ha logrado que las personas infectadas tengan una vida más prolongada y de mejor calidad.

Cristina Alejandra Muñoz Hernández Licenciatura en Nutrición, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

## Salk y la victoria sobre la polio: el descubrimiento que salvó millones de vidas

Diana Mariel Pérez Robles

Aunque hoy en día, la poliomielitis tiene un impacto reducido en la sociedad, es una enfermedad causada por el poliovirus que afectó a millones de personas a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, dejando una profunda huella histórica.



### Contexto histórico

El 26 de marzo de 1953, el científico Jonas Salk comenzó sus investigaciones en el Laboratorio de Investigación Viroológica de la Universidad de Pittsburgh, centradas en el desarrollo de una vacuna contra la poliomielitis, una enfermedad que representaba un grave problema de salud pública en aquellos años. La primera vacuna parenteral de virus inactivado (VPI) contra la polio fue creada utilizando virus cultivados en células de riñón de mono, neutralizadas con formalina. Salk inmunizó con la VPI a los primeros voluntarios, incluidos él mismo, su esposa y sus hijos. Se observó que todas las personas que recibieron la inyección desarrollaron anticuerpos sin contraer la enfermedad. En abril del año siguiente, publicó sus resultados en el *Journal of the American Medical*

*Association (JAMA)* y en 1955, la primera vacuna inactivada contra la poliomielitis fue comercializada en Estados Unidos.



### Relevancia científica y social

Gracias al científico, se logró proteger a la población con una efectividad de hasta 90% contra la poliomielitis. Posteriormente, en 1956, el científico Albert Sabin desarrolló una segunda vacuna oral, que complementó y amplió los esfuerzos de inmunización contra esta enfermedad.



### Impacto en la vida actual

La vacuna de Salk demostró que una enfermedad de gran impacto epidemiológico, como la poliomielitis, puede ser controlada de manera altamente eficaz. Actualmente, la vacunación contra la polio forma parte de los programas nacionales de salud con el objetivo de prevenir y erradicar la propagación del virus.

**Diana Mariel Pérez Robles** Licenciatura en Médico Cirujano y Partero, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

# Las Clínicas Odontológicas Integrales de la Universidad de Guadalajara

Rubén Alberto Bayardo González  
Susana Zaragoza Gómez  
Daniel Villanueva Betancourt

El 25 de noviembre de 1970 se inauguró la Facultad de Odontología en los edificios “B” y “C” de las instalaciones que actualmente integran el Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara, lugar donde al día de hoy se imparte la licenciatura en Cirujano Dentista. En estas instalaciones se encuentran las Clínicas Odontológicas Integrales.

La función de las Clínicas Odontológicas desde su fundación es ser un centro de enseñanza e investigación, pero sobre todo el otorgar atención odontológica a la comunidad más desfavorecida, pues provee tratamientos odontológicos de alto nivel a precios accesibles.

Actualmente se brinda en un primer nivel de atención, diagnóstico y derivación a tratamiento en las áreas de operatoria dental, endodoncia, periodoncia, prostodoncia, odontopediatría, exodoncia y cirugía bucal; y en un segundo nivel atención para tratamientos de alta especialidad en odontopediatría, ortodoncia, periodoncia, endodoncia, prostodoncia, prótesis maxilofacial, así como el diagnóstico de patologías bucales.

Las instalaciones cuentan con equipo, instrumental y material para la atención clínica en un horario de lunes a viernes de 8:00 a 20:00 h, y los sábados de 8:00 a 14:00 h. Las Clínicas Odontológicas brindan en promedio 266 servicios al

día incluyendo los 46 pacientes de primer nivel de atención. Durante el año 2023 se realizaron más de 27 mil servicios.

Cabe resaltar que el aprendizaje clínico de los alumnos de pregrado y posgrado se realiza bajo la supervisión de profesores y técnicos académicos altamente especializados, lo que ayuda a que los alumnos obtengan competencias clínicas que les permitan desarrollarse como excelentes cirujanos dentistas o especialistas en las diferentes áreas de odontología.

Finalmente, la investigación que se realiza está reforzada por la presencia cada vez mayor de profesores miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores que con apoyo del Instituto de Investigación en Odontología y otros institutos del centro universitario realizan investigación de vanguardia.

Estamos seguros que, para la Universidad de Guadalajara, las Clínicas Odontológicas Integrales del Centro Universitario de Ciencias de la Salud son una parte medular en la misión universitaria de formación de recursos humanos e investigación, pero sobre todo por el compromiso social en la atención bucal de la población.

**Rubén Alberto Bayardo González** Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Susana Zaragoza Gómez** Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales, CUCS, UdeG.

**Daniel Villanueva Betancourt** Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales, CUCS, UdeG.

Contacto: [ruben.bayardo@cucs.udg.mx](mailto:ruben.bayardo@cucs.udg.mx)

# Dra. Juliana Marisol Godínez Rubí

## Las neurociencias, una aventura científica y humana

### VOCES DE LA CIENCIA

**D**edicarse a las ciencias biomédicas y, en particular, a las neurociencias, es una experiencia enriquecedora y profundamente satisfactoria. Este campo permite explorar los misterios del cerebro humano, desde sus funciones más básicas hasta los mecanismos más complejos que definen nuestro comportamiento y salud. Sumergirse en el estudio del sistema nervioso nos abre las puertas para descifrar las complejidades de la mente humana y comprender mejor las enfermedades que afectan al sistema nervioso. Trabajar en neurociencias es una aventura científica y humana, que ofrece la posibilidad de contribuir al avance del conocimiento y, en última instancia, a mejorar la calidad de vida de las personas.

Mi nombre es Juliana Marisol Godínez Rubí, soy profesora de tiempo completo en el Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS) y miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) en el nivel 1. Me formé como médico cirujano y partero en la Universidad de Guadalajara, donde también obtuve mi doctorado en Ciencias Biomédicas con orientación en neurociencias. Mi más reciente etapa de formación fue la especialidad en Anatomía Patológica, que realicé en el Centro Médico Nacional de Occidente del Instituto Mexicano del Seguro Social, avalada igualmente por la Universidad de Guadalajara.

Estoy adscrita al Laboratorio de Patología Diagnóstica e Inmunohistoquímica, pertene-



ciente al Centro de Investigación y Diagnóstico en Patología del Departamento de Microbiología y Patología, del cual soy responsable y fundadora en su concepción actual; no obstante, lo antecede un laboratorio de histopatología con más de 60 años de historia. Me desempeño actualmente como jefa del Departamento de Morfología del CUCS. Además, formo parte de la Sociedad Mexicana de Anatomía, la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas y la Federación de Anatomía Patológica de la República Mexicana, pertenezco al Cuerpo Académico de Patología General y Especializada de la SEP y me encuentro certificada por el Consejo Mexicano de Médicos Anatomopatólogos. A lo largo de mi carrera, he publicado veintisiete artículos científicos, doce capítulos de libro y un libro; tengo un índice h de 8 y he recibido 449 citas. Además, he formado recursos humanos en doctorado, maestría, especialidad médica y licenciatura.

Mi amor por la ciencia y el área de la salud surgió en la secundaria, al estudiar asignaturas como biología y química. Fue particularmente en biología donde me interesó el desarrollo del cuerpo humano en la etapa gestacional, y en particular el desarrollo y la función del cerebro. Este primer contacto con la ciencia marcó el inicio de un viaje emocionante y lleno de descubrimientos, que despertó en mí una profunda curiosidad por comprender el funcionamiento de la mente y el cuerpo humano, y comenzó a gestar un gran interés por las neurociencias, marcando desde esta temprana edad mi determinación de convertirme en médica. Posteriormente, en bachillerato, las asignaturas de ciencias de la salud y psicología consolidaron mi vocación. Desde el inicio de la carrera supe que quería ser neurocientífica; todo lo relacionado con el funcionamiento del cerebro humano me apasionaba. Gracias a mi profesor de fisiología, definí mi camino hacia los estudios de posgrado.

Durante el servicio social, tuve la fortuna de conocer al doctor Roberto Anaya Prado, quien se

convirtió en mi mentor y me apoyó para ingresar al posgrado en investigación. El doctorado fue una etapa de descubrimientos y de plena realización de mi pasión por la ciencia. Trabajé en un modelo de isquemia cerebral global en roedores, evaluando la eficacia del nitroprusiato de sodio, un potente donador de óxido nítrico (NO), como regulador de la respuesta inflamatoria en la isquemia cerebral. Los resultados mostraron que el NO donado por el fármaco podía atenuar la activación de células gliales y la producción de citocinas, protegiendo así al tejido cerebral [1]. Cada experimento y cada resultado representaban un nuevo paso en este viaje de descubrimiento, donde entender el impacto de cada molécula o proceso en mi modelo experimental, llenaba de sentido mi vocación. Esta experiencia fue desafiante, ya que el mundo de la investigación básica era completamente nuevo para mí, pero aprendí a desenvolverme en el laboratorio, a realizar técnicas y procedimientos de principio a fin, a defender mi proyecto y a aprender de los proyectos de mis compañeros. En ese camino, conocí a personas que hoy son grandes amigos y colaboradores.

Al terminar el doctorado, decidí complementar mi formación como médico especialista en anatomía patológica, mi segunda gran pasión junto a las neurociencias. Mi tesis de especialidad, centrada en el estudio de meduloblastomas, definió una de mis principales líneas de investigación actual: la neuropatología. Fue también en esta etapa cuando ingresé al Sistema Nacional de Investigadores, motivada por otro de mis mentores, el doctor Daniel Ortuño Sahagún.

En 2017 ingresé como profesora investigadora al CUCS, combinando mis dos grandes intereses: las neurociencias y la anatomía patológica, así como otra de mis pasiones, la docencia. Continué con el estudio de meduloblastomas, una neoplasia pediátrica agresiva y frecuente, alojada en el cerebelo y considerada de origen embrionario, y me interesé en comprender las vías moleculares que determinan su comporta-

miento biológico. Esto me llevó a investigar el papel de la pleiotrofina (PTN) en esta neoplasia, una citocina que se expresa significativamente durante el desarrollo embrionario y que está relacionada con el crecimiento y migración neuronal, especialmente en el cerebelo, en interacción con las vías de señalización de Wingless (WNT) y de Sonic hedgehog (SHH), mismas vías que se encuentran desreguladas en los meduloblastomas. Aunque PTN se expresa poco en tejidos adultos, su participación en vías de proliferación y maduración celular ha permitido vincularla con el desarrollo de diversas neoplasias dentro y fuera del sistema nervioso, como gliomas y carcinomas. Este interés dio lugar a una línea de investigación en la que, recientemente, hemos realizado la primera caracterización espacio-temporal de PTN y sus receptores en el cerebelo fetal y neonatal humano [2]. Estos estudios han mostrado que PTN y sus receptores, PTPRZ1 y NRP-1, cambian de expresión y localización durante el desarrollo, lo cual indica que PTN podría activar distintas vías de señalización e intervenir en la proliferación y migración de células granulares y de Purkinje en la corteza cerebelosa humana a lo largo de su maduración pre y posnatal. Esta investigación ha arrojado resultados prometedores en la línea del desarrollo del cerebelo y de la formación de neoplasias embrionarias en este órgano, que apoyan nuestra hipótesis y están en proceso de publicación. Cada hallazgo en esta área representa una pieza más en el rompecabezas de entender el comportamiento de neoplasias agresivas en niños, algo que me inspira a continuar investigando y a formar a nuevas generaciones que compartan esta misma pasión. Mi interés por las neurociencias no solo me impulsa a investigar y descubrir, sino a encontrar respuestas que algún día puedan cambiar la vida de personas afectadas por enfermedades neurológicas. Además, a lo largo de estos años, he colaborado con grandes investigadores en proyectos sobre neuropatología quirúrgica, neuroinflamación y

biomarcadores tisulares en patologías reumáticas y neoplásicas [3-6].

En el Departamento de Morfología, he iniciado nuevas líneas de investigación, centradas en la enseñanza de las ciencias morfológicas y en la donación de cuerpos humanos para la investigación médica y la docencia. Aunque mi carrera está orientada hacia la investigación, disfruto acompañar este recorrido con la docencia, motivando a las nuevas generaciones a descubrir el fascinante mundo de la investigación, tal como yo lo hice. Involucrar a estudiantes en proyectos de investigación y ser testigo de su entusiasmo es una experiencia única, que me recuerda mis propios inicios y el poder de la curiosidad y el aprendizaje compartido.

La trayectoria en ciencias biomédicas y neurociencias me ha permitido contribuir al conocimiento científico y a la formación de futuros investigadores y médicos. Este campo, en constante evolución, ofrece desafíos apasionantes que enriquecen tanto el intelecto como el espíritu. El impacto de la investigación se multiplica al compartir esta pasión con quienes empiezan a recorrer este camino, transmitiéndoles la chispa de la curiosidad y el valor de la perseverancia científica. La posibilidad de investigar y enseñar, compartiendo experiencias con colegas y estudiantes, da sentido a mi vocación y representa una de las mayores satisfacciones de mi vida profesional.

## Referencias

1. Godínez-Rubí M, Rojas-Mayorquín AE, Ortuño-Sahagún D. Nitric oxide donors as neuroprotective agents after an ischemic stroke-related inflammatory reaction. *Oxid Med Cell Longev*. 2013;2013:297357.
2. Santana-Bejarano MB, Grosso-Martínez PR, Puebla-Mora AG, Martínez-Silva MG, Nava-Villalba M, Márquez-Aguirre AL, *et al*. Pleiotrophin and the Expression of Its Receptors during Development of the Human Cerebellar Cortex. *Cells* [Internet]. 27 de junio de 2023 [citado el

- 15 de julio de 2024];12(13):1733. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4409/12/13/1733>
3. Aguilar-Vázquez A, Chavarria-Ávila E, Salazar-Páramo M, Armendariz-Borunda J, Toriz-González G, Rodríguez-Baeza M, *et al.* Impaired muscle strength is associated with ultrastructure damage in myositis. *Sci Rep* [Internet]. 21 de octubre de 2022 [citado el 13 de noviembre de 2022];12(1):17671. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-22754-4>
  4. Rico-Fuentes C, López-Pulido EI, Pérez-Guerrero EE, Godínez-Rubí M, Villegas-Pineda JC, Villanueva-Pérez MA, *et al.* Positive correlation between the nuclear expression of GPER and pGLI3 in prostate cancer tissues from patients with different Gleason scores. *Front Endocrinol* [Internet]. 2 de febrero de 2024 [citado el 15 de julio de 2024];15:1333284. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2024.1333284/full>
  5. Pérez-Carranza GA, Godínez-Rubí JM, Márquez-Rosales MG, Flores-Soto ME, Bitzer-Quintero OK, Ramírez-Anguiano AC, *et al.* The Neuroprotective Effect of Erythropoietin on the Optic Nerve and Spinal Cord in Rats with Experimental Autoimmune Encephalomyelitis through the Activation of the Extracellular Signal-Regulated Kinase 1/2 Signaling Pathway. *Int J Mol Sci*. 31 de agosto de 2024;25(17):9476.
  6. Juárez-Rodríguez P, Godínez-Rubí M, Guzmán-Brambila C, Padilla-Velarde E, Orozco-Barocio A, Ortuño-Sahagún D, *et al.* Prenatal Alcohol Exposure in Rats Diminishes Postnatal Cxcl16 Chemokine Ligand Brain Expression. *Brain Sci* [Internet]. 15 de diciembre de 2020 [citado el 23 de marzo de 2021];10(12):987. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3425/10/12/987>



### Dra. Juliana Marisol Godínez Rubí

Es profesora e investigadora titular en el CUCS, especialista en neurociencias y anatomía patológica. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (nivel I). Obtuvo su doctorado en Ciencias Biomédicas con orientación en neurociencias y una especialidad en Anatomía Patológica. Su línea de investigación aborda la neuropatología, estudiando meduloblastomas y el papel de la pleiotrofina en su desarrollo. Con 27 publicaciones científicas y 449 citas, ha contribuido al avance de la neurociencia y la formación de nuevos investigadores. Fundó el Laboratorio de Patología Diagnóstica e Inmunohistoquímica, y lidera líneas innovadoras en docencia e investigación, inspirando a las futuras generaciones.