REVISTA C+Tec

Divulgar para Transformar

NÚMERO 6



ICTI
INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN

MICHOACÁN ES MEJOR

NÚMERO 6

REVISTA C+Tec

Divulgar para Transformar

JUNIO · 2026

Secretaría de Gobierno
GOBIERNO DE MICHOACÁN

GOBERNADOR
Alfredo Ramirez Bedolla
Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo

GABINETE LEGAL
Elias Ibarra Torres
Secretario de Gobierno

Luis Navarro Garcia
Secretario de Finanzas y Administración

Claudio Méndez Fernández
Secretario de Desarrollo Económico

José Afredo Ortega Reyes
Secretario de Seguridad Pública

Roberto E. Monroy García
Secretario de Turismo

Alejandro Méndez López
Secretario del Medio Ambiente

Gladiz Butanda Macias
Secretaria de Desarrollo Urbano y Movilidad

Belinda Iturbide Diaz
Secretaria de Salud

Cuauhtémoc Ramirez Romero
Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Rogelio Zarazúa Sánchez
Secretario de Comunicaciones Obras Públicas

Gabriela Desireé Molina Aguilar
Secretaria de Educación

Tamara Sosa Alanis
Secretaria de Cultura

Giuliana Bugarini Torres
Secretaria de Bienestar

Maria Teresa Mora Covarubias
Secretaria del Migrante

Sandra Carolina Rangel Gracida
Secretaria de Igualdad Sustantiva y Desarrollo de las Mujeres Michoacanas

Azucena Marin Correa
Secretaria de Contraloria

GABINETE AMPUADO
Dáleth Villavicencio Sánchez
Coordinación General de Comunicación Social

La Revista C+Tec "Divulgar para Transformar", del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán (ICTI), llega ya a su sexto número. En una era tecnológica donde las plataformas digitales y las redes sociales redefinen la comunicación del conocimiento, la divulgación científica escrita debe evolucionar constantemente; el gran reto actual es ofrecer narrativas atractivas que cautiven al público lector.

El número que hoy presentamos ofrece temáticas diversas y de gran actualidad. Si bien da continuidad a las líneas de investigación que se cultivan en Michoacán, destaca también por incorporar artículos sobre problemas sociales fundamentales y los desafíos de la era digital. A través de 18 artículos, descubriremos, de la mano de los propios divulgadores, temas tan variados como el matrimonio infantil, el impacto ambiental del almacenamiento masivo de datos, la riqueza de nuestra biodiversidad y el control de las máquinas.

De manera especial, esta edición dedica una sección de 6 artículos a la "Semana Internacional del Cerebro", una campaña global coordinada por las Alianzas Dana en Estados Unidos y Europa, cuyo objetivo es difundir los avances de la investigación cerebral, promoviendo el cuidado de la salud y el interés por las neurociencias. Dado que Michoacán ha consolidado una fuerte comunidad científica en este campo en diversas instituciones, consideramos fundamental abrir este espacio para visibilizar dicho conocimiento.

Por su parte, la revista C+Tec KIDS que acompaña a esta edición, incluye 9 artículos y actividades diseñados para el público infantil, abordando de forma lúdica conceptos de física, biología celular, botánica y alimentación.

Esperamos que nuestros lectores encuentren en estas páginas información útil y reflexiva, pero que también se asombren y se diviertan. El conocimiento nos transforma, nos rescata y nos construye cada día; apropiémonos del mismo para construir un mejor Estado y un mejor país.

¡Con Ciencia y Tecnología Michoacán es mejor!

Dra. Alejandra Ochoa Zarzosa
Directora General

EDITORIAL

EQUIPO EDITORIAL

DIRECTORA DE LA REVISTA
Alejandra Ochoa Zarzosa

EDITORA
Paola Jiménez Alcántar

COMITÉ EDITORIAL
Markevich Maazel Olivera Mora
Omar Jaimes Brito
Anel García Gómez
Francisco Miguel Ayala Arias
Araceli Morales Hernández
Esperanza Meléndez Herrera
Martín Alonso Lerma Herrera
Naima Lajud Avila
Adrián Gómez Baltazar

MAQUETACIÓN Y DISEÑO
Eduardo Armenta Quijada

DISEÑO, DESARROLLO Y ADMINISTRADOR DEL SITIO WEB
Mauricio Octavio Domínguez González

REVISTA C+TEC
Divulgar para Transformar

INFORMACIÓN LEGAL

-

REVISTA C+TEC, DIVULGAR PARA TRANSFORMAR, año 4 no. 6, enero-junio 2026, es una Publicación semestral editada por el INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO, Calzada Juárez No. 1446, Col. Villa Universidad, Morelia, C.P. 58060, Tel. (443) 324-8607, https://ctecicti.com/index.php/CTec/index, ctec.icti@gmail.com. Editor responsable: Paola Jiménez Alcántar. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2025-021418434800-102, ISSN:2992-8737, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Vinculación Interinstitucional, Lic. Mauricio Octavio Domínguez González, Calzada Juárez No. 1446, Col. Villa Universidad, C.P. 58060, fecha de última modificación, 22 de junio 2026.

ÍNDICE

SECCIÓN DIVULGACIÓN CONCIENCIA 7

PHILOLEMA LATRODECTI: LA MINÚSCULA AVISPA QUE DOMINA A LAS ARAÑAS VIUDAS NEGRAS Y CAFÉS 08

LAS TORMENTAS SIN LLUVIA DEL UNIVERSO 14

MENOS BODAS, MÁS DIVORCIOS: ¿QUÉ PASA CON EL MATRIMONIO? 20

BALLENAS EN MICHOACÁN: CIENCIA CIUDADANA Y CONSERVACIÓN EN UN ESTADO QUE MIRA POR PRIMERA VEZ HACIA EL MAR 26

LA VENTANA DE DON AURELIO, EL LUGAR DONDE LA LUZ ENVEJECE 32

LAS DOS CARAS DEL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO: CAMBIOS FENOLÓGICOS A LO LARGO DEL AÑO 38

¿QUIÉN CONTROLA A LAS MÁQUINAS? EL PAPEL DE LA TEORÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO EN LA VIDA DIARIA 44

PINOS: SEMILLAS DESNUDAS, CON ALAS Y POLICOTILEDÓNEAS 50

EL PICUDO PINTO DEL AGAVE ¿UNA AMENAZA PARA EL AGAVE MEZCALERO DE MICHOACÁN? 54

SI MUERO, ¿QUIÉN HEREDA MI VIDA DIGITAL? 58

DE MOLINOS, ENGRANES Y CHIMENEAS: HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DEL AZÚCAR 62

EN MÉXICO, ¿ES LEGAL EL MATRIMONIO INFANTIL? 68

SUPERPODER VISCOSO: LA ASOMBROSA CAPACIDAD DE REGENERACIÓN DE LAS BABOSAS DE JARDÍN 74

ESTOY CANSADO JEFE -EL LINFOCITO AGOTADO- 80

DE MICHOACÁN A DUBNÁ: JÓVENES MEXICANOS EN LA CIENCIA INTERNACIONAL LA COLABORACIÓN ICTI-UMSNH-JINR COMO PUERTA DE ENTRADA A PROYECTOS GLOBALES DE FÍSICA, INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA VIDA 84

LA LUZ SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA EN NUESTRA VIDA COTIDIANA 90

LA NUBE VS TU SERVIDOR: ¿QUIÉN CONTAMINA MÁS? 94

MEDICAMENTOS INVISIBLES: LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA QUE NO VEMOS 98

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO 102

FITONUTRIENTES: ALIADOS DE LA NEURONUTRICIÓN CONTRA LA OBESIDAD 104

¿PUEDE LA MIEL HACERTE MÁS INTELIGENTE? LO QUE DICE LA NEUROCIENCIA… 110

MAÍZ AZUL: POTENCIAL COADYUVANTE EN LA SALUD CEREBRAL 116

ALIMENTACIÓN Y MICROBIOTA: MODULADORES CLAVES DE LA SALUD CEREBRAL 120

UN GUSANO QUE ENSEÑA CÓMO FUNCIONA EL CEREBRO 126

¿EL AYUNO Y EL EJERCICIO TE AYUDAN A SER MÁS LISTO? 132

SECCIÓN KIDS 138

CÉLULA CITY: ¡UNA AVENTURA MICROSCÓPICA EN TU INTERIOR! 04

EL HIERRO: UN SUPERHÉROE PARA LAS PLANTAS 08

EL AGUA DE LLUVIA: UN TESORO ESCONDIDO QUE CAE DEL CIELO 12

LA CIENCIA VIVE DENTRO DE TI: CONOCIENDO A NUESTRO SISTEMA INMUNE 16

¿PODEMOS CUIDAR EL PLANETA CON NUESTRAS DECISIONES? 20

NUESTRA COMIDA, NUESTRA DECISIÓN 22

TZÏKI Y KÚRPITA: LA HISTORIA DE DOS CÉLULAS 26

LAS PLANTAS Y LAS BACTERIAS 32

SEMÁFORO DE COLORES: LA DENSIDAD DE LOS LÍQUIDOS 36


REVISTA
C+Tec
Divulgar para Transformar
Divulgación
ConCiencia

01

PHILOLEMA LATRODECTI: LA MINÚSCULA AVISPA QUE DOMINA A LAS ARAÑAS VIUDAS NEGRAS Y CAFÉS

José Wilfrido Linares Guillén, Xochiquetzal Cortés-Rodríguez, Omar Chassin-Noria

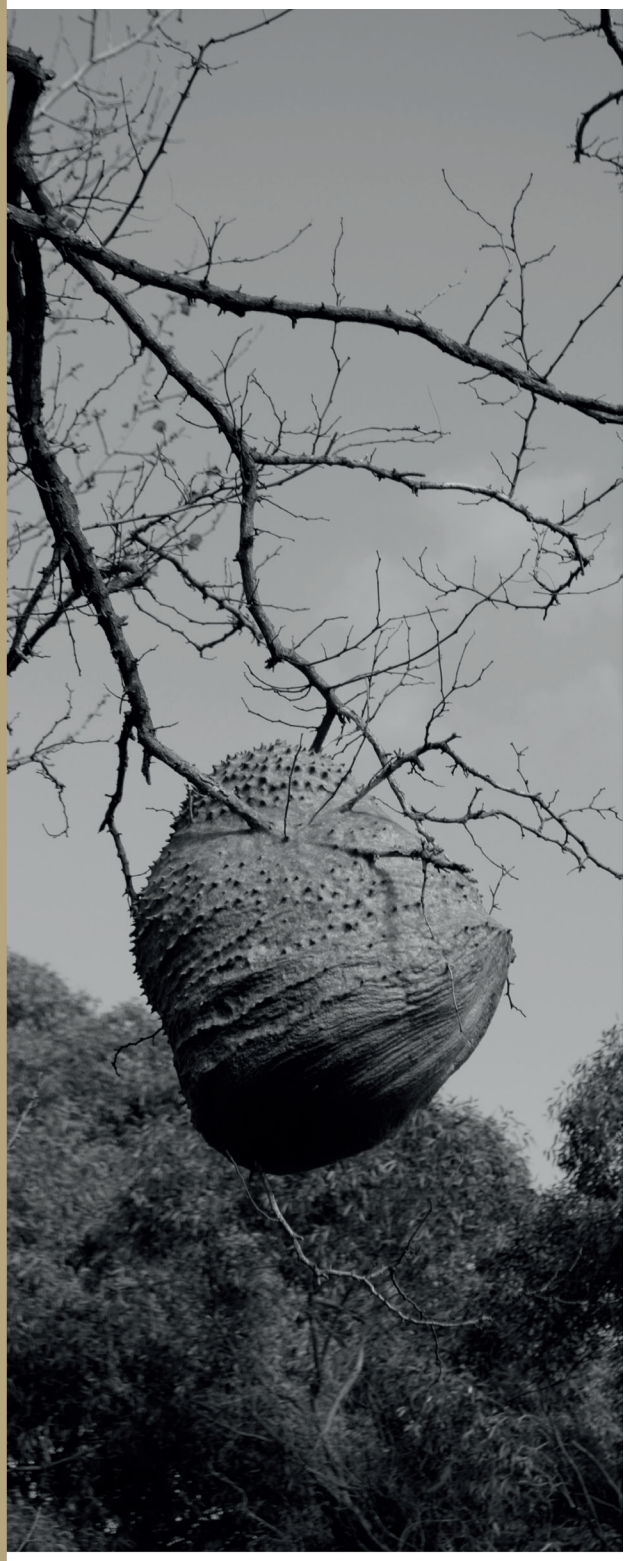
Laboratorio de análisis genético, Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Contacto: omar.chassin@umich.mx

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Philolema latrodecti: La minúscula avispa que domina a las arañas viudas negras y cafés



Resumen

Te sorprenderás con esta batalla natural entre las preciosas arañas viudas negras y cafés pertenecientes al género *Latrodectus*, que son responsables de algunos casos de envenenamiento en humanos, contra su némesis natural: *Philolema latrodecti*, una avispa más pequeña que un grano de arroz. Sin ciencia ficción, sin pesticidas, sin daño ambiental, solo es lo que sucede en la naturaleza. Descubre cómo esta heroína milimétrica podría regular las poblaciones de viudas negras y cafés.

Palabras clave: Control biológico, importancia médica, latrodectismo, parasitismo.

El asalto perfecto

Los rincones oscuros y olvidados, aquellos que en tu casa no sueles visitar ni limpiar, son el hogar perfecto para las arañas viudas negras y viudas cafés. Estas arañas son hermosas y poco peligrosas, pues se reportan menos de cien mordeduras a humanos en Michoacán al año, y no hay registro oficial de desenlaces fatales, lo que indica que, de haber casos, son escasos. Estas arañas son "sinantrópicas", como se les llama a todas las especies que se desarrollan mejor en ambientes urbanos que en la naturaleza (p. ej., palomas y cucarachas) y viven cerca, o dentro de nuestras casas, pero lo suficientemente lejos para no hacernos daño si no son molestadas; y que a cambio de un lugarcito, controlan poblaciones de organismos vectores de enfermedades como mosquitos transmisores de dengue, zika, chikungunya, otros que consideramos desagradables, como las cucarachas o algunos potencialmente peligrosos, como los alacranes.

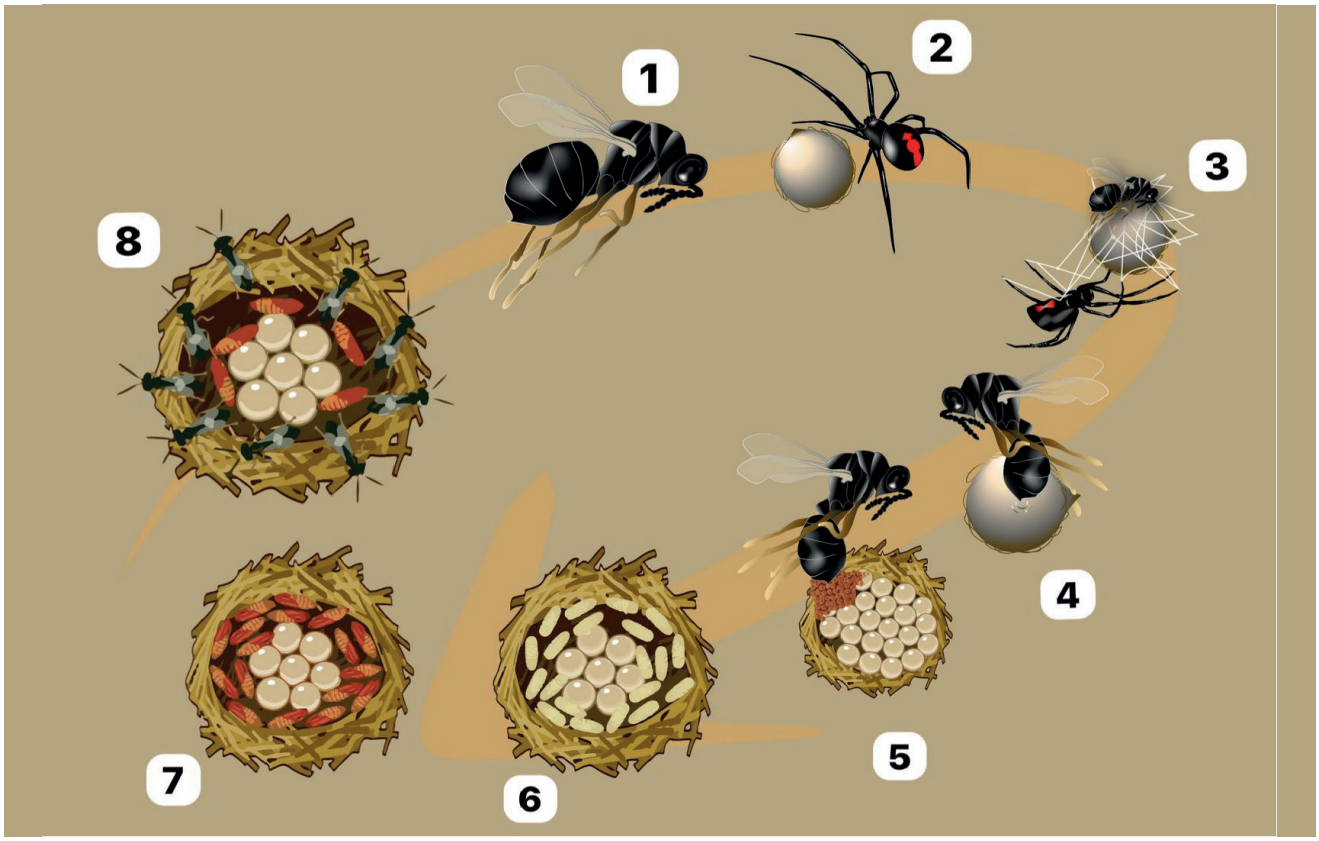
Ahí, en nuestras casas, un enemigo diminuto acecha a las arañas viudas negras y viudas cafés; es tan pequeño que es posible que no lo veas, pues es más pequeño que un zancudo o que una mosca de la fruta. Se trata de *Philolema latrodecti*, una avispa cuyos individuos más grandes miden apenas 2 milímetros, pero suelen ser más pequeñas, de 1.5 milímetros. Estas guerreras de la naturaleza vuelan en busca de señales que les indiquen que hay arañas viudas cerca; una vez que las localizan, hacen vuelos exploratorios para revisar que las arañas tengan ovisacos, que son esas pelotitas de colores claros en los que las arañas ponen sus huevos. Ese elemento es indispensable para que estas avispas decidan acercarse a la telaraña y arriesgar su vida, ya que la araña les tiende una trampa transparente, apenas visible, son hilos, hilos de seda, sin una forma, sin un patrón por descifrar, una trampa pegajosa, que pueda terminar con su vida con apenas cometer el mínimo error en su vuelo.

Cuando la avispa está segura de que hay un ovisaco, ese es el momento, se acerca evitando los hilos de la seda de la telaraña, hasta llegar a él; esto tiene un propósito fundamental para la avispa, ya que busca alimento para sus futuras crías. Te preguntarás, ¿cuál es el alimento para sus hijas? sí, ¡son los huevos de la araña! Una vez que la avispa golpea con sus antenas el ovisaco para verificar que tiene huevos dentro, está lista para darles de comer a sus hijas. Esta guerrera usa su aguijón de 0.2 milímetros para perforar la seda protectora del ovisaco y depositar sus huevos dentro del saco donde se encuentran los huevos de la araña.

Los huevos de *Philolema* se convierten en larvas (gusanos diminutos) y consumen los huevos con los embriones de araña, nutriéndose de ellos hasta saciar su apetito y completar su desarrollo. Después de alimentarse por dos semanas con la vasta cantidad de huevos, las larvas se convierten en pupa; esta es una armadura temporal que las protege durante cinco días mientras hacen su metamorfosis de larva a avispa. Completado el proceso, las avispas se quitan esta armadura, y la nueva generación de avispas adultas emergen de los restos del ovisaco, listas para repetir el ciclo de vida en busca de nuevas arañas con sus ovisacos [1] (Fig 1). Estas avispas viven tres semanas como adultas.



Figura 1. Mecanismo de parasitismo de *Philolema latrodecti*. 1) *Philolema latrodecti* 2) localiza los ovisacos de *Latrodectus*, 3) durante el período en que la araña hembra está protegiendo o construyendo activamente el saco. 4) La avispa penetra en el saco con su ovipositor y 5) pone varios huevos dentro de los huevos de la araña, de estos huevos 6) eclosionan larvas que se alimentan de los huevos de la araña que a medida que crecen y maduran 7) se convierten en pupas, 8) las avispas adultas finalmente emergen del saco de huevos, dejando atrás un saco con menos crías viables lo que provoca una importante tasa de mortalidad de arañas. Ilustración digital, elaborada en Adobe Illustrator 28.0 Autor: Juan Luis Linares Guillén [1].



¿Quién y en dónde se descubrió esta avispa?

Aunque esta avispa parece de otro planeta, es inofensiva para los humanos y fue descubierta en 1953, cuando el entomólogo (como se nombra a los científicos que estudian insectos) David Fullaway la descubrió por primera vez en Honolulu, Hawái, bautizándola con el nombre de *Eurytoma latrodecti*. Poco después de su descubrimiento, fue introducida intencionalmente en el atolón Kwajalein, en las Islas Marshall que se encuentran entre Japón y Hawaii, con un objetivo claro: controlar las poblaciones de arañas viudas, que eran abundantes en estas islas, al igual que en Oceanía e islas del Pacífico. Este fue uno de los primeros registros de su uso como agente de control biológico [2].

Actualmente la avispa, *Philolema latrodecti* se ha reportado en nuevos territorios: Australia, EUA, Costa Rica, Colombia, Polinesia y en México; entonces surgen una serie de preguntas: ¿Es invasora o una viajera natural? ¿Es nativa de México? ¿Llegó de forma natural, o fue introducida accidentalmente por el humano? Se desconoce la distribución nativa original de esta avispa, pero se sabe que en Hawái donde fue descrita, se alimentaba de ovisacos de viuda café *Latrodectus geometricus*. Esta viuda café, se reportó por primera vez en México en 1931 como invasora y se sabe que esta especie de araña es nativa de Sudáfrica, aunque ahora ha invadido prácticamente todo el mundo [3].

Actualmente es común encontrar a *Philolema latrodecti* en arañas viudas negras y viudas cafés, aunque aparentemente prefieren los huevos de arañas viudas cafés. Entonces, ¿por qué esta avispa no se describió antes en viudas negras que son nativas de América y que estuvieron mucho antes que las cafés introducidas? ¿Llegaría *Philolema* de polizona dentro de los mismos ovisacos de la viuda café? Sea cual sea el caso, su presencia en México abrió un nuevo capítulo en la historia de esta avispa y de las arañas viudas.

México bajo el latrodectismo

El ataque de estas avispas sobre las viudas negras y cafés, no sólo reduce una generación de arañas, sino que interrumpe su reproducción futura, ya que una sola avispa puede poner los huevos suficientes para alimentarse de hasta el 90% de los huevos de una araña, lo que la convierte en un agente altamente eficaz en el control biológico de las viudas sin afectar a otras especies. Esto es relevante al tratarse de especies de importancia médica en México y que, de acuerdo a los datos de la morbilidad del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, para el año 2024 se reportaron en México 1970 casos de *latrodectismo*, que es el síndrome causado por la mordedura de las arañas "viudas negras", de los cuales Jalisco, Sonora y Guanajuato se encuentran en los tres primeros lugares en el número de casos registrados, respectivamente [4].

Para el año 2025 se registraron 3,301 casos en México, Jalisco se mantuvo al frente con más de 500 accidentes, lo que representa el 16.5% para ese año; Guanajuato ascendió al segundo lugar con el 12.2%; y en tercer lugar Sonora con un 9.1%. Pero no en todos los estados se reportan casos; por ejemplo, en Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo no se registra ningún caso. En Michoacán, hasta antes de que terminara 2025 se tenían 96 casos registrados, aunque se estimaba que el número de casos podría ser mayor por aquellos casos en los que no requieren atención médica [5].

Si bien, las anteriores son cifras importantes, son números muy bajos en comparación con más de medio millón de accidentes por picadura de alacrán; de los cuales aún se registran defunciones, mientras que para el caso de los accidentes con viudas negras no hay datos de muertes en humanos publicadas por el sector salud. Algunos estudios presentan casos de mortalidad asociado a mordeduras de arañas, pero no se hace la distinción si se debe específicamente a viudas negras o cafés o a arañas violinistas, siendo la Ciudad de México el de mayor incidencia, seguido de Jalisco y Puebla, mientras que los estados con menores casos son Aguascalientes, Baja California Sur, Nuevo León, San Luis Potosí y Sinaloa con un caso registrado y Michoacán con cinco casos [6].

Es muy importante señalar que las mordeduras por viudas son muy raras. De acuerdo con los datos anteriores, estas ocurren principalmente cuando las arañas se sienten amenazadas y tenemos contacto con ellas de manera accidental o por un descuido. Por ejemplo, al ponernos alguna prenda que ha estado sin uso por varios meses. Aun cuando nuestras casas no forman parte de su hábitat natural original (pues surgieron como especie mucho antes que el *Homo sapiens*), ahora nos acompañan y seguirán acompañándonos por muchos años.

Para reducir los encuentros accidentales con arañas se sugiere el uso de guantes al mover objetos almacenados, sellar grietas, marcos de puertas, ventanas y mantener limpias incluso las áreas oscuras de nuestras casas.

Las arañas viudas y sus parasitoides, que son insectos como *Philolema latrodecti* que se desarrollan dentro de los huevos de las viudas, causándoles siempre la muerte. Nos recuerdan que la biodiversidad, incluso dentro de nuestros hogares, es un sistema autorregulado, por lo que debemos respetar estos procesos naturales que protegen tanto a nuestra salud como el medio ambiente y entonces aprendamos a coexistir, ya que todos somos parte del planeta tierra y ¡Aquí estamos todos!





Agradecimientos

El reporte de la avispa *Philolema latrodecti* protagonista de este artículo, se logró gracias al financiamiento obtenido del programa DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE IMPACTO REGIONAL 2022 del INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN al proyecto "Diversidad genética de especies de Latrodectus nativas del estado de Michoacán: en el contexto de la invasión por *Latrodectus geometricus*" (ICTI-PICIR2-048-C). *Philolema latrodecti* es una de las especies que J. Wilfrido Linares Guillén analiza en su proyecto de investigación doctoral del PIDCB-UMSNH.

Referencias bibliográficas

1 *1.Daniel JA, Arabesky V, Rozenberg T, Lubin Y, Segoli M, Mowery MA. Parasitoid development and superparasitism in invasive versus native widow spider host egg sacs. Biological Invasions, 2023, 25(8): 2519-2530. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s10530-023-03052-0*

2 *Pemberton C. Invertebrate Consultants Committee for the pacific. Report for 1949-1954 [Internet]. 1954 [Consultado 10 de octubre de 2025]. Disponible en: https://nap.nationalacademies.org/read/21077/chapter/1*

3 *Luna M de, Hernández-González V, Solís-Rojas C, Zambrano-Robledo P, Sánchez EOG, Rodriguez-Sanchez IP, et al. First Record of the Parasitoid Wasp Philolema latrodecti Parasitizing an Egg Sac of the Widow Spider Latrodectus mactans in Nuevo Leon, Mexico. Southwestern Entomologist. 2025;49(4):1485-93. Disponible en: https://doi.org/10.3958/059.049.0435*

4 *Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Sistema Único de Información. Boletín Epidemiológico, Semana 52. Secretaría de Salud, Dirección General de Epidemiología. 11 de agosto de 2024. [Consultado 12 de agosto de 2025]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/964745/sem52.pdf*

5 *Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Sistema Único de Información. Boletín Epidemiológico, Semana 52. Secretaría de Salud, Dirección General de Epidemiología. 3 de enero de 2026 [Consultado 3 de enero de 2026]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/1047660/Boletin-5325.pdf*

6 *Francke BOF. Scorpions (Arachnida: Scorpiones) from the Cuatro Ciénegas Basin. En: Álvarez F, Ojeda M, editors. Animal Diversity and Biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin. Cuatro Ciénegas Basin: An Endangered Hyperdiverse Oasis. Springer, Cham; 2019. p. 53-59. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11262-2_4*

02

LAS TORMENTAS SIN LLUVIA DEL UNIVERSO

Mauricio René Reyes Gutiérrez*, Alfredo Raya Montaño, Israel Luna Reyes

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: mauricio.reyes@umich.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Las tormentas sin lluvia del universo

Resumen

Las tormentas no lluviosas son fenómenos naturales que ocurren sin precipitación, pero con importantes efectos ambientales y tecnológicos. Este artículo describe cuatro tipos principales: *tormentas eléctricas secas, relámpagos volcánicos, tormentas geomagnéticas y eventos luminosos transitorios en la atmósfera superior.* A través de ejemplos accesibles y explicaciones sencillas, se analizan sus mecanismos de formación, sus impactos en infraestructuras como redes eléctricas y sistemas de comunicación, y su relevancia científica.

Palabras clave: Tormentas secas, fenómenos volcánicos eléctricos, tormentas geomagnéticas, fenómenos atmosféricos de gran altitud.

Cuando pensamos en tormentas, nos imaginamos nubes oscuras, lluvia torrencial y truenos ensordecedores. Otros fenómenos naturales que también son tormentas, igual de impresionantes e incluso más peligrosas, pero que ocurren sin que caiga una sola gota de lluvia. Conocidas como tormentas no lluviosas. Son espectaculares desde una perspectiva científica y, como la lluvia, también tienen implicaciones prácticas para nuestra sociedad. Existen cuatro categorías de tormentas no lluviosas: *las tormentas eléctricas secas, los fenómenos volcánicos eléctricos, las tormentas geomagnéticas y los fenómenos atmosféricos de gran altitud.*

Las tormentas eléctricas secas se forman con aire cálido y húmedo que asciende y se condensa, formando nubes llamadas cumulonimbos. A medida que el aire asciende, el vapor de agua se condensa formando gotas de lluvia y precipitación dentro de las nubes, pero ya que estas nubes se forman en áreas donde la atmósfera inferior está extraordinariamente seca [1] debido a sistemas de alta presión [2]; este aire seco hace que las gotas de lluvia se evaporen antes de llegar al suelo. A pesar de la ausencia de lluvia, que puede crear una falsa sensación de seguridad, la actividad eléctrica de la tormenta continúa, produciendo hasta miles de relámpagos que pueden provocar incendios forestales devastadores [1, 3], tal como ocurre en regiones áridas de México y otros países. Por ello, su detección temprana es crucial para la protección de comunidades e instalaciones donde se produce y distribuye la energía eléctrica, como parques eólicos, instalaciones fotovoltaicas y otros equipamientos sensibles (Fig. 1).



Figura 1. Tormenta eléctrica. Elaborado con Grok IA.

Por otro lado, el relámpago volcánico combina la furia de un volcán en erupción con el poder desatado de la electricidad atmosférica. Ocurre dentro de la columna de ceniza que se eleva durante una erupción volcánica, cuando la electricidad estática se acumula en la atmósfera antes de liberarse en forma de un rayo. La acumulación de carga estática en la atmósfera se debe a la fricción generada por la colisión de

muchas partículas de ceniza, rocas y otros materiales, incluso radiactivos, producidos a altas temperaturas durante la erupción volcánica y el cambio brusco de temperatura en la atmósfera alta, que es la parte más elevada del aire que rodea la Tierra, donde el aire es mucho más delgado y las condiciones de presión y temperatura cambian bastante; por eso es un lugar donde ocurren fenómenos poco comunes, pero muy importantes, que no podemos ver fácilmente desde el suelo [4, 5]. Las erupciones con columnas de ceniza mayores a 7 km producen más relámpagos debido a la mayor concentración de vapor de agua y a las temperaturas ambientales más frías a esas altitudes. Los relámpagos volcánicos no son solo un fenómeno visual impresionante. Pueden afectar a las comunicaciones de radio, especialmente en la aviación. Alteran la composición química de las cenizas y las propiedades del suelo donde estas caen y generan gases perjudiciales para nuestra salud como el Dióxido de azufre (S02), el Sulfuro de hidrógeno (H2S) y algunos derivados de los Fluoruros, estos últimos son los principales contaminantes del agua (Fig. 2) [6].



Figura 2. Relámpago volcánico. Elaborado con Grok IA.

Las tormentas geomagnéticas, por su lado, son uno de los fenómenos naturales más poderosos e impactantes de nuestro sistema solar. Estas tormentas no provienen de nuestra atmósfera, sino del sol. No traen lluvia, viento o truenos, sino radiación electromagnética y partículas cargadas que alteran el campo magnético planetario. El sol experimenta ciclos de actividad de aproximadamente 11 años, durante los cuales su campo magnético cambia.

En periodos de máxima actividad, el sol produce erupciones solares, fulguraciones y eyecciones de masa coronal que pueden causar efectos devastadores en la Tierra (Fig. 3) [7]. Una eyección de masa coronal es una enorme nube de plasma magnetizado lanzada por el sol al espacio a velocidades superiores a los 500 km/s (kilómetros por segundo) en todas direcciones. Solo algunas de ellas llegan a la Tierra. La eyección más poderosa registrada fue el Evento Carrington de 1859, nombrado así por el astrónomo inglés Richard Carrington que lo observó. Esta tormenta generó auroras boreales tan intensas que se pudieron observar en México y otros países tropicales. También provocó que las líneas telegráficas mundiales emitieran chispas, incendiando oficinas y afectando las comunicaciones globales [8]. Las tormentas geomagnéticas llegan a afectar severamente las

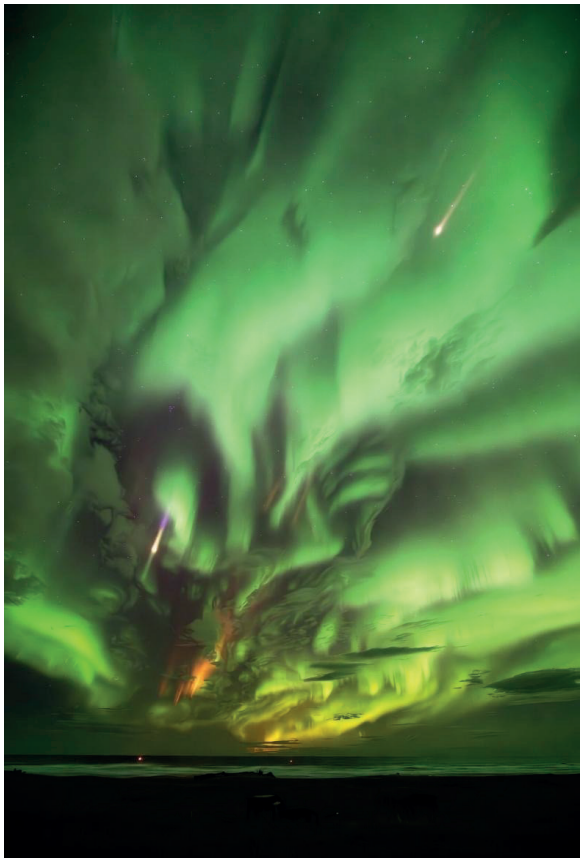


Figura 3. Aurora boreal producto de una tormenta geomagnética. Elaborado con Grok IA.

comunicaciones [9]. Los satélites en órbita son especialmente vulnerables a ellas, pues pueden caer y quemarse en la atmósfera si no se corrigen sus órbitas cuando estas ocurren. Además, las partículas más energéticas de los rayos del sol pueden causar daños físicos a sus microchips, cambiar los programas en sus computadoras e incluso provocar descargas eléctricas entre sus componentes [10]. Pero quizás su efecto más peligroso es su capacidad de afectar las redes eléctricas terrestres, pues inducen corrientes eléctricas en los cables de alta tensión que llegan a sobrecargar los transformadores, causando apagones masivos como lo ha vivido Canadá en 2018 y España en el mes de julio de 2021, o la más reciente en abril de 2025 [11]. Por ello, la predicción del clima espacial se ha vuelto una prioridad global [7, 8].

La última categoría de tormentas no lluviosas ocurre en las capas superiores de nuestra atmósfera, produciendo fenómenos eléctricos luminosos tan extraordinarios que parecen de ciencia ficción. Estos eventos, conocidos colectivamente como Eventos Luminosos Transitorios (ELT), se producen a altitudes donde los aviones comerciales vuelan e incluso más allá. Los "sprites" fueron los primeros ELT en ser documentados. Aunque los relatos de luces fantasmales danzando sobre tormentas se remontan a siglos atrás, en 1989 un grupo de científicos de la Universidad de Minnesota capturó uno de estos fenómenos en video por accidente [12]. Lucen como tenues columnas luminosas, rojizas o anaranjadas, que se extienden desde las nubes, alcanzando altitudes entre 40 y 80 km sobre la superficie terrestre, pero duran apenas milésimas de segundo. Son miles de pequeños filamentos que forman patrones en forma de zanahorias o medusas [12], y son causados por intensos relámpagos de nube a tierra tales que a grandes altitudes producen una descarga eléctrica a través de la atmósfera, excitando las moléculas de aire que son las que finalmente emiten luz de colores de acuerdo con las diferentes altitudes donde se encuentran: rojo en las partes superiores y azul en las partes inferiores [13, 14].

Los "elfos" son otro tipo de ELT y aparecen como anillos brillantes que se expanden a la velocidad de la luz a altitudes de aproximadamente 100 km. Son causados por descargas de relámpagos extremadamente poderosas que generan un pulso electromagnético intenso que se propaga en forma de esfera a la velocidad de la luz en una capa delgada de la atmósfera, excitando a su paso moléculas de nitrógeno que emiten luz roja. Los "jets azules" son otro fenómeno que se propaga directamente desde la parte superior de las nubes de tormenta hasta unos 40 km de altitud. Su color azul característico proviene de la excitación de moléculas de nitrógeno ionizadas.

Finalmente, los "jets gigantes" son el fenómeno ELT más espectacular y poderoso, que crean un puente eléctrico entre las tormentas troposféricas y la ionosfera, transportando enormes cantidades de carga a altitudes de 70 a 90 km. Los "jets gigantes" tienen una estructura arbórea con un tronco azul que se ramifica en estructuras rojas a mayores altitudes y son relativamente raros. La importancia científica de los ELT va más allá de su mero valor

estético. Estos fenómenos representan un componente crucial del circuito eléctrico global de la Tierra. Además, las corrientes eléctricas asociadas con los ELT pueden afectar la química atmosférica. La comprensión de estos fenómenos es esencial para desarrollar modelos más precisos del clima y del comportamiento eléctrico de nuestra atmósfera [13, 14].

El estudio de las tormentas no lluviosas es multidisciplinario. Los físicos atmosféricos estudian los mecanismos de formación de estos fenómenos. Los geofísicos investigan las interacciones entre los procesos terrestres y atmosféricos. Los ingenieros desarrollan tecnologías para proteger nuestra infraestructura contra los efectos de estas tormentas. Los científicos de datos analizan enormes cantidades de información para predecir cuándo y dónde ocurrirán estos eventos. Así pues, las tormentas no lluviosas nos ofrecen una ventana a los procesos fundamentales que gobiernan nuestro universo [15]. Nos enseñan que la naturaleza es mucho más creativa y espectacular de lo que podríamos haber imaginado. Y nos recuerdan que, como especie, aún tenemos mucho que aprender sobre el planeta que habitamos y el universo que nos rodea.



Referencias bibliográficas

1 *RainViewer. Understanding dry thunderstorms [Internet]. 2025. Disponible en: https://www.rainviewer.com/blog/understanding-dry-thunderstorms.html*

2 *AT3W. Dry thunderstorm and its risks: storm detection. [Internet]. 2022. Disponible en: https://at3w.com/en/blog/what-is-a-dry-thunderstorm*

3 *National Weather Service. Dry thunderstorms. [Internet]. 2023. Disponible en: https://www.weather.gov/safety/lightning-dry*

4 *SciTechDaily. Volcanic lightning: The science behind this spectacular phenomenon. [Internet]. 2022. Disponible en: https://scitechdaily.com/volcanic-lightning-the-science-behind-this-spectacular-phenomenon/*

5 *McNutt SR & Davis CM. Lightning associated with the 1992 eruptions of Crater Peak, Mount Spurr Volcano, Alaska. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2015,102(1–2): 45–65. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0377-0273(00)00181-5*

6 *Volcanic Ash Advisory Center. Volcanic ash advisories and aviation safety. [Internet]. 2022. Disponible en: https://www.icao.int/safety/meteorology/iavwopsg/Pages/VAA.aspx*

7 *NOAA Space Weather Prediction Center. Geomagnetic storms. [Internet]. 2024. Disponible en: https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/geomagnetic-storms*

8 *Exploratorium Auroras, clima espacial y tormentas solares. [Internet]. 2023. Disponible en: https://www.exploratorium.edu/es/eclipse/clima-espacial*

9 *Schrijver CJ, Kauristie K, Aylward AD, Denardini CM, Gibson SE, Glover A, Jakowski N, Kalegaev V, Lapenta G, Linker JA, Liu S, Mandrini CH, Mann IR, Nakamura R, Ngwira CM, Pisacane V, Reckmann K, Romanova N, Stanislawska I. & Zuccarello F. Understanding space weather to shield society: A global road map for 2015–25 commissioned by COSPAR and ILWS. Advances in Space Research, 2015, 55(12): 2745–2807. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.asr.2015.03.023*

10 *NASA Science. Solar storms and flares [Internet]. 2025. Disponible en: https://science.nasa.gov/sun/solar-storms-and-flares/*

11 *Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad. Blackout. [Internet]. 2025. [Consultado 28 April 2025] Disponible en: https://www.entsoe.eu*

12 *Science News Explores. Explainer: sprites, jets, ELVES and other storm-powered lights [Internet]. 2024. Disponible en: https://www.snexplores.org/article/sprites-jets-elves-storm-powered-lights*

13 *Physics Today Sprites, elves, and glow discharge tubes [Internet]. 2025. Disponible en: https://physicstoday.aip.org/features/sprites-elves-and-glow-discharge-tubes*

14 *Pasko VP, Yair Y & Kuo CL. Lightning related transient luminous events at high altitude in the Earth's atmosphere: Phenomenology, mechanisms and effects. Space Science Reviews, 2012, 168(1–4): 475–516. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11214-011-9813-9*

15 *SkyAlert Clima espacial: cuando las tormentas no vienen de la atmósfera [Internet]. 2025. Disponible en: https://skyalert.mx/articulos/clima-espacial-tormentas-solares*

LAS MATEMÁTICAS DE LA LLUVIA DEL UNIVERSO

03

MENOS BODAS, MÁS DIVORCIOS: ¿QUÉ PASA CON EL MATRIMONIO?

Tania Avalos Zetina

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Contacto: 0501952k@umich.mx

REVISTA C+Tec
Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Menos bodas, más divorcios: ¿qué pasa con el matrimonio?

Resumen

Cada día las personas se casan menos y se divorcian más. Transitamos una época donde contraer matrimonio civil no es una prioridad y divorciarse es cada vez más común, lo que refleja un cambio profundo en la forma en que las personas concebimos el amor, la pareja y los proyectos de vida. En el presente ensayo teórico-analítico se revisa por qué el matrimonio civil heterosexual ha perdido centralidad a partir de transformaciones jurídicas, sociales y culturales estrechamente vinculadas con la vida cotidiana, tales como la evolución de los fines del matrimonio, la flexibilización del divorcio, el auge de la cohabitación, la influencia de las redes sociales y aplicaciones de citas, la deconstrucción del amor romántico, la independencia económica y el impacto de las teorías de género. Más que una crisis del amor, se trata del desgaste de una institución que ya no responde a las necesidades de nuestro contexto social.

Palabras clave: matrimonio civil, divorcio, familia, transformaciones sociales.

Durante décadas, el matrimonio civil fue sinónimo de estabilidad, reconocimiento social y la promesa de una unión para toda la vida, al menos eso era lo que aseguraban nuestras abuelas y sus telenovelas favoritas lo confirmaban. Sin embargo, cada vez es más común la idea de que casarse representa más problemas que beneficios, especialmente entre las generaciones más jóvenes. Lo cierto es que cada vez más personas dudan, posponen o simplemente descartan la idea de contraer matrimonio civil ante las implicaciones jurídicas, económicas y sociales que hoy representa esta antiquísima institución jurídica.

Las estadísticas más recientes sobre nupcialidad del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) demuestran que, en nuestro país, los matrimonios han disminuido de forma sostenida, mientras que los divorcios aumentan significativamente. En el año 2000 se contabilizaron 707,422 matrimonios, cifra que descendió a 486,645 en 2024; en contraste, los divorcios pasaron de 52,358 en 2000 a 161,932 en 2024 [1]. En términos proporcionales, esto significa que actualmente por cada 100 matrimonios ocurren 33.3 divorcios [2]. Lo anterior permite evidenciar que casarse menos y divorciarse más no es una moda pasajera, sino un cambio profundo en la forma de concebir los vínculos afectivos y los proyectos de vida. Entonces, ¿por qué el matrimonio ya no es como antes? ¿Qué ha cambiado en la sociedad? ¿Qué factores han impulsado la evolución de una institución jurídica tan antigua?

Desde el punto de vista jurídico, el matrimonio civil heterosexual ordenaba el cumplimiento de fines específicos: regulaba la sexualidad a través de la monogamia, prescribía la reproducción y perpetuación de la especie, garantizaba la transmisión del patrimonio a los hijos y asignaba roles claramente diferenciados entre hombres y mujeres [3]. En ese contexto, casarse no era realmente una elección sino una expectativa social que debía cumplirse aún en contextos de violencia, desigualdad o insatisfacción. No casarse colocaba a las personas en una especie de categoría marginal: la soltería era estigmatizada, se asumía como una condición indeseable asociada al fracaso personal y a una vida incompleta. Incluso, entre generaciones mayores, era común la idea de que quienes no se casaban terminaban «vistiendo santos» o «cuidando gatos», como si la ausencia de matrimonio fuera una forma de castigo social [4].



Actualmente, los fines jurídicos del matrimonio tradicional que se sostenían sobre la base de la indisolubilidad, la comunidad de vida, la fidelidad y la procreación, han evolucionado de manera profunda: las personas pueden ejercer libremente su sexualidad sin tener que estar casados; la maternidad y la paternidad se han convertido en una decisión personalísima que no está condicionada a una unión formal donde, además, factores cotidianos como la inestabilidad económica, la falta de vivienda propia y la precariedad laboral han hecho replantearnos constantemente la decisión de tener hijos [5]. El libre desarrollo de la personalidad ha fortalecido la idea de que cada individuo tiene derecho a decidir cómo relacionarse, con quién vincularse, bajo qué condiciones y por cuánto tiempo, una noción que choca frontalmente con el modelo matrimonial que exigía permanencia, sacrificio y renuncia personal, especialmente a las mujeres. Del mismo modo, han evolucionado los roles de género que tradicionalmente situaban a las mujeres en posiciones de subordinación y les atribuían exclusivamente el cuidado del hogar y la familia, mientras reservaban a los hombres la función de proveedores económicos, tal como se detalla más adelante. Hoy, esos esquemas han dado paso a dinámicas más igualitarias y flexibles, basadas en la premisa de que ambos cónyuges pueden asumir, en condiciones de corresponsabilidad, funciones económicas, domésticas y parentales.

A esta transformación se suma el reconocimiento de figuras jurídicas análogas al matrimonio, como el concubinato, una forma de unión reconocida en la ley y condicionada a requisitos como la convivencia durante un tiempo determinado y/o la procreación de hijos, además de la ausencia de impedimentos legales para contraer matrimonio; por otra parte, destaca la unión libre, una forma de convivencia que no cuenta con reconocimiento jurídico formal y que se configura cuando las personas no cumplen los requisitos de temporalidad o procreación que exige el concubinato. Estas formas de convivencia han mostrado un importante incremento en las últimas décadas: en el año 2000 se registró una tasa del 10.3% de la población viviendo en unión libre; para 2010 esta cifra aumentó a 14.4% y en 2020 alcanzó el 18.3% [6]. Este crecimiento podría explicarse, entre otros factores, porque estas uniones permiten generar efectos jurídicos similares a los del matrimonio al garantizar la protección de los derechos personales, familiares y patrimoniales sin necesidad de formalidades legales, lo que posibilita conformar relaciones más flexibles, basadas en el acuerdo mutuo, la compatibilidad afectiva y la autonomía personal.

Esto nos ha llevado a considerar que el propio sistema jurídico ha contribuido al declive del matrimonio civil. Además, el aumento en el número de divorcios señalado previamente, refuerza la idea de que separarse ya no es la excepción a la regla, sino una experiencia cada vez más común y, en muchos casos, socialmente aceptada. Con la incorporación del divorcio sin expresión de causa en las legislaciones civiles y familiares de las entidades federativas, se transformó la idea de que el matrimonio es un vínculo indisoluble que termina hasta que la muerte los separe. Actualmente, para disolver un matrimonio basta con que uno de los cónyuges manifieste su deseo de separarse para que el divorcio sea procedente, aunque la otra parte no esté de acuerdo con la decisión de terminar la relación marital, algo que hasta hace poco más de un siglo era impensable, puesto que las leyes civiles prohibían terminantemente la separación salvo que existiera una falta grave o una causa debidamente justificada, como es el caso del adulterio, el abandono de hogar, la condena por delitos graves, las enfermedades contagiosas, la prostitución del cónyuge, la violencia o sevicia [7].

A estos factores de flexibilización de los vínculos relacionales se suma el impacto de la modernidad conyugal que se materializa en lo que hemos denominado «mercado matrimonial virtual» [8]. Las aplicaciones de citas y redes sociales han modificado la forma en que las personas se conocen, se eligen y se descartan a través de una especie de catálogo que exhibe las mejores cualidades de cada persona [9]. Lo que antes implicaba cortejar a una persona ha sido reemplazado por el lenguaje de las plataformas digitales donde las reacciones, los emojis, memes y stickers han sustituido los canales tradicionales de vinculación emocional bajo la lógica de que, si un acontecimiento importante no se publica en las redes sociales, entonces no existe y, en consecuencia, carece de relevancia social. La idea de estar presente en una relación no siempre implica la convivencia física o la estabilidad jurídica, sino que se ha trasladado a un plano virtual donde la nueva «fidelidad digital» se traduce en una especie de vigilancia emocional, esto implica saber en tiempo real dónde está la pareja, qué hace o con quién interactúa a través de los servicios de mensajería instantánea: ubicación, fotografías, etiquetas, todo esto con la comodidad que brinda la conectividad digital de extenderse a cualquier parte del mundo de manera inmediata, sin inconvenientes, pérdidas ni remordimientos [10].

El declive del matrimonio civil heterosexual también está vinculado con la deconstrucción del amor romántico. Desde la infancia se nos ha enseñado que una vida plena implica seguir un guion casi obligatorio: tener un buen empleo, encontrar una pareja, comprar una casa, formar una familia y ser felices para siempre. Esta narrativa, reforzada por la literatura, la televisión y la música convirtieron al matrimonio en el destino natural del amor [11]. Sin embargo, la necesidad de deconstruir el amor romántico surge al evidenciar que muchas de estas creencias fueron construidas bajo parámetros patriarcales, heteronormativos y jerárquicos que normalizan la creencia de que el amor todo lo puede, todo lo alcanza y todo lo soporta, incluso en escenarios donde se ejerce algún tipo de violencia —física, económica, sexual, psicológica o patrimonial— hacia los cónyuges o sus descendientes. Cuestionar el amor romántico no implica necesariamente su rechazo, sino repensarlo desde una perspectiva libre, igualitaria y consciente que permita construir vínculos afectivos basados en el respeto mutuo, la autonomía, la reciprocidad y la responsabilidad emocional.

La expansión del mercado laboral también ha influido en el progresivo debilitamiento del matrimonio como institución social. La autonomía económica permite cuestionar este mandato social y anteponer los proyectos de vida sin depender financieramente de una pareja; de este modo, el trabajo remunerado se convierte en una herramienta de emancipación y el matrimonio deja de ser una estrategia de subsistencia económica. En otras palabras, existen hombres y mujeres que desean priorizar su crecimiento personal, profesional y económico antes de pensar en casarse, esto obedece a una tendencia contemporánea de individualización de los proyectos de vida, que ya no se estructuran en torno a trayectorias socialmente predeterminadas. En este contexto, casarse comienza a concebirse más bien como una elección personal que puede posponerse, transformarse o incluso descartarse. Por otra parte, sabemos que no siempre se elige trabajar fuera de casa para cumplir una aspiración de realización personal, sino por una necesidad que responde a las exigencias del alto costo de vida en nuestro país, donde no es suficiente un solo ingreso económico para la subsistencia familiar. Tratándose de la gestión de recursos económicos para el sostenimiento familiar, diversos estudios han demostrado que los hombres tienden a tener mayores gastos personales, en tanto que las mujeres son más propensas a privarse de ellos, sobre todo en familias de bajos recursos [12]. Estos patrones muestran una resistencia al cambio en la estructura simbólica del poder que perpetúa una gestión desigual de los recursos económicos —aun cuando ambos cónyuges colaboren para su obtención—, es decir, se continúa asumiendo que el hombre como proveedor puede utilizar los recursos y a la mujer como cuidadora del hogar debe limitarse a administrarlos; una realidad que todavía se refleja en muchos hogares mexicanos y que desalienta la práctica matrimonial.

Aunado a lo anterior, debe destacarse el impacto social de las teorías de género, particularmente del feminismo y de las nuevas masculinidades. El feminismo, entendido como un movimiento social y político que ha impulsado la toma de conciencia sobre la situación histórica de las mujeres y se ha orientado a visibilizar las desigualdades, así como las distintas formas de opresión, dominación y subordinación ejercidas desde estructuras patriarcales, es decir, desde contextos socioculturales donde los hombres han concentrado el poder y la autoridad [13]. Por su parte, las nuevas masculinidades se conciben como proyectos ético-políticos encaminados a cuestionar, desmontar y transformar los esquemas de poder que tradicionalmente han privilegiado a los hombres [14]. Estas teorías de género han cuestionado severamente los roles de género que históricamente estructuraron la vida de pareja, asumiendo que el matrimonio civil está cargado de expectativas que no todos deseamos asumir [15].

Desde esta mirada crítica, se reconoce que las mujeres pueden desarrollar proyectos de vida autónomos: trabajar, elegir la maternidad, generar ingresos propios y participar en los espacios públicos y de poder, siendo casadas o solteras, porque sus capacidades ya no se conciben como limitadas al ámbito doméstico ni a las tareas de cuidado. De forma paralela, las nuevas masculinidades cuestionan el mandato del hombre como proveedor único y distante del ámbito emocional; se reconoce que los hombres pueden y deben involucrarse en el cuidado de los hijos, en las labores domésticas y en la construcción de vínculos afectivos basados en la corresponsabilidad, sin que esto represente una pérdida de identidad o valor social [16]. Esta redefinición ha contribuido a desestabilizar el modelo de matrimonio civil tradicional y a explicar por qué esa institución es percibida como poco compatible con las realidades y expectativas contemporáneas.



En conclusión, el matrimonio civil heterosexual enfrenta un proceso de pérdida de centralidad dentro de las formas contemporáneas de organización afectiva y familiar. Este fenómeno no debe interpretarse como una incapacidad de las personas para construir vínculos afectivos estables, sino como el desgaste progresivo de una añosa institución jurídica que fue diseñada para responder a condiciones sociales, económicas y culturales distintas a las actuales. En la medida en que las relaciones de pareja se configuran bajo esquemas de mayor autonomía personal, igualdad de género y flexibilidad en los proyectos de vida, el matrimonio deja de percibirse como la única vía legítima para estructurar la vida en común. En su lugar, emergen formas alternativas de convivencia que privilegian el libre desarrollo de la personalidad, la negociación afectiva y la ausencia de formalidades jurídicas estrictas.

Este escenario plantea importantes desafíos para el derecho de familia mexicano. Si las formas de convivencia continúan diversificándose, será necesario fortalecer los marcos jurídicos que protejan derechos personales, patrimoniales y de cuidado en contextos distintos al matrimonio civil, como ya ocurre con el concubinato y las uniones de hecho. Asimismo, se vuelve pertinente reflexionar sobre la corresponsabilidad económica y de cuidados entre las parejas, los mecanismos de protección jurídica para quienes optan por los modelos de convivencia no formalizados como las uniones libres, especialmente cuando se involucren derechos alimentarios, sucesorios, patrimoniales, compensatorios y de seguridad social.

Finalmente, este fenómeno abre diversas líneas de investigación, puesto que la transformación de las relaciones afectivas avanza más rápido que la adaptación del derecho, lo que puede producir zonas de desprotección jurídica para quienes organizan su vida en común fuera de las categorías tradicionales del derecho civil. Es así como se generan interrogantes más profundas sobre la reinterpretación del matrimonio frente a nuevas formas de identidad y autodeterminación afectiva: ¿Hasta qué punto el derecho debe reconocer o limitar las formas de unión que aspiran a adquirir estatuto jurídico? ¿Qué modelos normativos podrían surgir para reconocer y regular las formas de convivencia afectiva en entornos virtuales? ¿Cómo puede el Estado equilibrar la libertad afectiva y la protección legal en contextos poliamorosos? Estas discusiones, aunque todavía periféricas, pueden anticipar debates futuros sobre la redefinición de las categorías jurídicas de pareja, consentimiento y reconocimiento institucional en el derecho contemporáneo.

Referencias bibliográficas

1 *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Matrimonios y divorcios [Internet]. México: INEGI, 2025 [Consultado 15 Mar 2026]. Disponible en: https://cuentame.inegi.org.mx/descubre/poblacion/matrimonios_y_divorcios*

2 *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Reporte de resultados 35/25: Estadística de divorcios (ED) [Internet]. México: INEGI, 2025. [Consultado 3 Dic 2025]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/ed/ed2024_RR.pdf*

3 *Coontz S. Historia del matrimonio. Cómo el amor conquistó el matrimonio. Barcelona: Gedisa; 2006.*

4 *DePaulo B. Singled out: How singles are stereotyped, stigmatized, and ignored, and still live happilly ever after. Nueva York: St. Martin's Press, 2006.*

5 *Fondo de Población de las Naciones Unidas. La verdadera crisis de fecundidad: alcanzar la libertad reproductiva en un mundo de cambios. Estado de la población mundial 2025 [Internet]. Nueva York: UNFPA, 2025. [Consultado 5 Dic 2025]. Disponible en: https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/ES_State%20of%20World%20Population%20report%202025.pdf*

6 *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Principales resultados del censo de población y vivienda 2020. Estados Unidos Mexicanos [Internet]. México: INEGI, 2022 [Consultado 15 Mar 2026]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198060.pdf*

7 *Urbina Rodríguez SJ. La abolición del matrimonio en México. Ciudad de México: Tirant lo Blanch; 2023.*

8 *Avalos Zetina, T. Las causas jurídico-sociológicas del ocaso del matrimonio civil en México [Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias Jurídicas], México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2025. [Consultado 5 Dic 2025]. Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/19576*

9 *Tenenbaum T. El fin del amor. Amar y coger en el siglo XXI. México: Ariel; 2021.*

10 *Bauman Z. Amor líquido. Acerca de la fragilidad de los vínculos humanos. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica; 2005.*

11 *Illouz E. El consumo de la utopía romántica. El amor y las contradicciones culturales del capitalismo. Madrid: Katz Editores; 2009.*

12 *González Marín ML, Rodríguez López P. Presupuestos de género, reproducción social y mercado laboral femenil. México: Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM; 2021. [Internet]. Disponible en: https://doi.org/10.22201/iiec.9786073042697e.2021*

13 *Varela N. Feminismo para principiantes. España: Penguin Random House; 2020.*

14 *Cazés Menache D. El tiempo masculino. México: Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM; 2001.*

15 *Lagarde M. El cautiverio de las mujeres: madresposas, monjas, putas, presas y locas. México: Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM; 2005.*

16 *Sanfélix Albelda J. Las nuevas masculinidades. Los hombres frente al cambio en las mujeres. Prisma Social. Revista de Ciencias Sociales, 7 de diciembre de 2011, núm. 7: pp. 231-232. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/3537/353744579008.pdf*

04

BALLENAS EN MICHOACÁN: CIENCIA CIUDADANA Y CONSERVACIÓN EN UN ESTADO QUE MIRA POR PRIMERA VEZ HACIA EL MAR

Adriana Lechuga Granados[1]*, César Arroyo Vega[2], Itzel Paulina Saucedo Pérez[1]

[1]Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [2]GroBios A.C.

***Contacto: adriana.lechuga@umich.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Ballenas en Michoacán: Ciencia ciudadana y conservación en un estado que mira por primera vez hacia el mar

Resumen

Por primera vez, Michoacán tiene evidencia clara de que sus mares son hogar de 14 especies de mamíferos marinos, incluyendo la ballena jorobada *(Megaptera novaeangliae)*. Este hallazgo proviene de un esfuerzo pionero de ciencia ciudadana en las costas de Michoacán, donde comunidades locales e investigadores, biólogos y biólogas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y de GroBios A.C. quienes lograron documentar esta riqueza biológica. La observación de ballenas jorobadas en nuestro estado se plantea no solo como una experiencia turística, sino como una estrategia que integra ciencia ciudadana, investigación y conservación, con impactos reales en la vida cotidiana. Cambia la forma en que nos relacionamos con el mar: al participar en el monitoreo y promover una observación responsable, se genera información científica valiosa y, al mismo tiempo, se impulsa un modelo de turismo responsable que protege a las ballenas y su hábitat. Esto fortalece el orgullo regional, posicionando a la costa michoacana como un referente de compromiso ambiental, y abre la puerta a beneficios económicos y ambientales para las comunidades locales. Así, la ciencia deja de ser distante y se convierte en una herramienta concreta para cuidar el entorno y construir un futuro más sostenible. Los resultados han sido fundamentales para avanzar en el proceso de un reconocimiento que permitirá a Michoacán ofrecer avistamientos de ballenas de forma segura y regulada, lo que posicionaría a Michoacán como un nuevo referente de conservación marina en el Pacífico mexicano.

Palabras clave: mamíferos marinos, Pacífico mexicano, observación de ballenas.







Figura 1. Cursos teóricos de capacitación para avistamientos responsables de mamíferos marinos a prestadores de servicios náuticos en la costa michoacana.
Fuente: Paulo César Solorio Jiménez y Adriana Lechuga Granados

¿Ballenas en Michoacán?

Cada invierno, cientos y enormes ballenas jorobadas de la especie *Megaptera novaeangliae* migran y cruzan miles de kilómetros desde las aguas frías del Pacífico, como las de California y Alaska en Estados Unidos y Columbia Británica en Canadá, hasta las costas de México en búsqueda de un refugio cálido para dar a luz y reproducirse [1]. Esta especie es emblemática en lugares y destinos como Bahía de Banderas, Los Cabos, Puerto Vallarta y la costa de Oaxaca, que son bien conocidos por sus espectaculares avistamientos y saltos que ya forman parte del paisaje turístico [2]. Pero hay un rincón del país donde su presencia apenas comienza a reconocerse oficialmente: las costas de Michoacán, así es, también llegan a Michoacán, solo que nadie lo había documentado formalmente. Por primera vez, las costas de Michoacán son escenario de un esfuerzo pionero para conocer y conservar a los gigantes del Pacífico mexicano; aunque el estado es famoso por sus volcanes, las mariposas monarca, sus bosques, sus lagos, sus selvas tropicales y sus cientos de especies endémicas que lo colocan entre los estados con mayor riqueza biológica del país, el mar había sido un territorio poco explorado por la ciencia y ha sido durante mucho tiempo una frontera silenciosa. Hasta hace poco, no existían registros sistemáticos de mamíferos marinos en esta franja del Pacífico, aunque el estado cuenta con más de 200 kilómetros de costa, la biodiversidad marina ha sido



Figura 2. Cursos prácticos de capacitación para avistamientos responsables de mamíferos marinos a prestadores de servicios náuticos en la costa michoacana.
Fuente: Paulo César Solorio Jiménez

poco explorada y menos comprendida. Sin embargo, eso comenzó a cambiar en el año 2024, gracias a un esfuerzo conjunto entre la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la asociación civil GroBios, dedicada a la protección y conservación de la biodiversidad en México, han comenzado a atender este vacío mediante la generación de datos sólidos, la recopilación de testimonios locales y la implementación de una estrategia integral de monitoreo.

Ciencia ciudadana: cuando las comunidades también investigan

En 2024, un grupo de biólogos y biólogas, junto con estudiantes, pescadores y habitantes costeros, decidió cambiar esta historia; impulsaron el proyecto "*Comunidades para la Conservación de Mamíferos Marinos en el Pacífico Mexicano*", financiado por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (ICTI) y lograron por primera vez registrar de manera sistemática la presencia de mamíferos marinos en esta región, pero lo más valioso fue cómo se hizo: con ciencia ciudadana, capacitando a personas de las comunidades costeras, se desarrolló un sistema de monitoreo comunitario, donde los propios habitantes aprendieron a identificar, registrar y reportar avistamientos de ballenas, delfines, orcas, lobos marinos, entre otras especies. El proyecto se basó en un principio clave: la conservación efectiva requiere de la participación activa de las comunidades costeras. A través de talleres, entrevistas y recorridos, se capacitó a pescadores, guías y prestadores de servicios náuticos, así como habitantes locales para registrar de manera sistemática los avistamientos de mamíferos marinos; esta estrategia de ciencia ciudadana permitió ampliar la cobertura de observación y generar una base social comprometida con el conocimiento y la conservación del mar.

Monitoreo científico desde la tierra y desde el mar

En paralelo, un equipo de investigadores y estudiantes universitarios también implementó un monitoreo científico con recorridos mensuales en embarcaciones tipo panga, observaciones desde puntos fijos en tierra y sistematización de registros visuales. A esto se sumaron encuestas y entrevistas aplicadas en poco más de 20 localidades costeras de los municipios de Lázaro Cárdenas, Aquila y Coahuayana, y con ello elaboraron el primer inventario marino del estado. Su objetivo era claro: documentar científicamente qué especies visitan la región y, al mismo tiempo, involucrar a las comunidades locales en su observación y protección, la clave fue un enfoque de ciencia ciudadana, que capacitó a pescadores, prestadores de servicios náuticos y turísticos, así como a habitantes costeros para identificar y registrar avistamientos de ballenas y otros mamíferos marinos.

Primeros resultados, nuevas posibilidades

Como resultado, se obtuvo el primer inventario sistemático de mamíferos marinos para las costas michoacanas, con 14 especies registradas, incluyendo la ballena jorobada *(Megaptera novaeangliae)*, orca *(Orcinus orca)*, cachalote *(Physeter macrocephalus)*, varias especies de delfines y el lobo marino *(Arctocephalus townsendi)* [3]. Estos datos, antes inexistentes, no solo revelan una riqueza natural poco conocida, sino que abren nuevas posibilidades para el desarrollo de actividades ecoturísticas reguladas. Gracias a esta información, Michoacán está por obtener por primera vez los permisos oficiales para la observación responsable de ballenas, bajo la norma federal



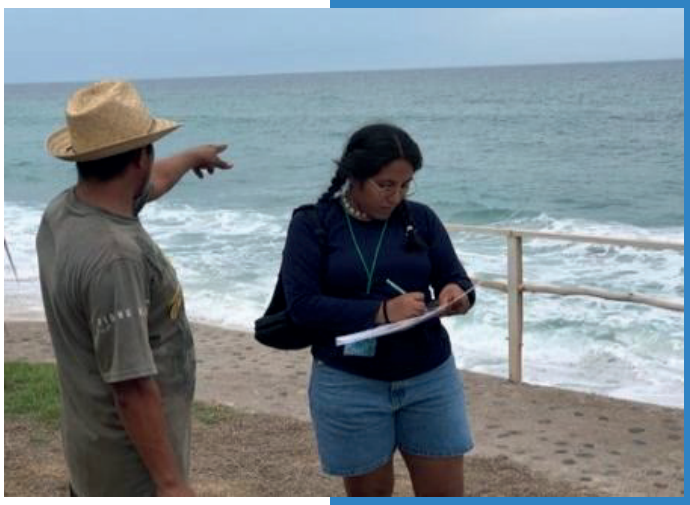


Figura 3. Estrategias de Ciencia Ciudadana con la aplicación de encuestas a lo largo de la costa michoacana.
Fuente: Adriana Lechuga Granados

(NOM-131-SEMARNAT-2010) que regula esta actividad en México [1]. Un logro que colocará al estado en la ruta del turismo sustentable, con beneficios directos para las comunidades que viven junto al mar.

Hacia un ecoturismo responsable

Uno de los logros más relevantes del proyecto es que, gracias a la información generada, Michoacán está en proceso de obtener por primera vez la autorización para la observación de ballenas, conforme a la NOM-131-SEMARNAT-2010 [1]. Esta regulación garantiza que los avistamientos se realicen de forma segura para las especies y para las personas, fomentando un turismo de bajo impacto que beneficie a las comunidades locales. Este esfuerzo marca un antes y un después en la relación de Michoacán con su mar. Por primera vez, se está generando conocimiento sistemático sobre los mamíferos marinos que visitan sus costas, y lo más importante: ese conocimiento se construye de la mano de las comunidades que viven ahí. El modelo aplicado en este proyecto -basado en la ciencia ciudadana, la participación comunitaria y la colaboración académica- es replicable en otras regiones del país. Deja claro que conservación no es sólo proteger, sino también conocer, compartir y actuar desde lo local.





Figura 5. Capacitación con cursos y talleres teórico-prácticos sobre avistamientos responsables en la costa michoacana
Fuente: Paulo César Solorio Jiménez



Figura 4. Participación de diversos sectores de la población en los cursos y talleres teóricos sobre avistamientos responsables de mamíferos marinos en la costa michoacana.
Fuente: Paulo César Solorio Jiménez

Un mar que ahora se conoce y se cuida

Este esfuerzo demuestra que la conservación marina no es exclusiva de expertos ni depende únicamente de grandes instituciones. Cuando las comunidades se involucran, la ciencia cobra vida en el territorio. Michoacán está dejando de ser un estado que da la espalda al mar, a veces, basta una mirada atenta desde la playa, una libreta en la mano o una conversación con un pescador que lleva décadas leyendo las señales del mar. La ciencia ciudadana permite que ese conocimiento se transforme en datos valiosos para la investigación y para la toma de decisiones más justas para la conservación. Hoy, las costas de Michoacán ya no son un punto ciego en el mapa de los mamíferos marinos. Son un ejemplo de cómo el mar también se cuida desde tierra firme, con la mirada colectiva de quienes lo conocen, lo habitan y lo quieren proteger. Gracias a la unión entre ciencia y comunidad, sus costas se llenan de datos, historias… y ballenas.



Figura 6. Monitoreo científico de mamíferos marinos en la costa michoacana. Fuente: Paulo César Solorio Jiménez y Adriana Lechuga Granados













Figura 7. Monitoreo científico de mamíferos marinos en la costa michoacana. Fuente: Paulo César Solorio Jiménez

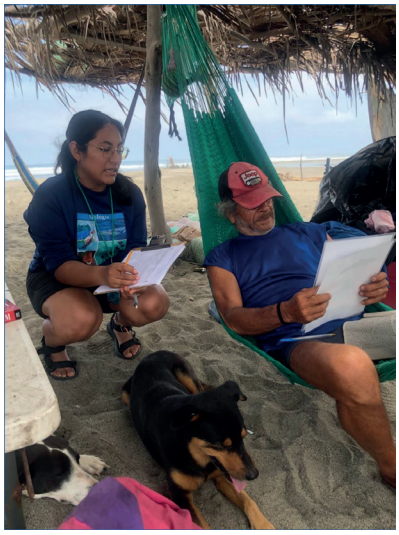


Figura 8. Estrategias de Ciencia Ciudadana con la aplicación de encuestas a lo largo de la costa michoacana. Fuente: Adriana Lechuga Granados





Figura 9. Monitoreo científico de mamíferos marinos en la costa michoacana. Fuente: Adriana Lechuga Granados

Referencias bibliográficas

1 *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-2010: Que establece los lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas relativas a su protección y la conservación de su hábitat. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5214459&fecha=17/10/2011#gsc.tab=0*

2 *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. The IUCN Red List of Threatened Species. [Consultado 18 septiembre 2023]. Disponible en: https://www.iucnredlist.org/*

3 *Society for Marine Mammalogy. [Consultado 25 septiembre 2023]. Disponible en: https://marinemammalscience.org/science-and-publications/list-marine-mammal-species-subspecies/*

05

LA VENTANA DE DON AURELIO, EL LUGAR DONDE LA LUZ ENVEJECE

Hiram Amir Espinoza Pineda[1]*, Katia Lizbeth Alonso Hurtado[1], Marcos Cajero Juarez[2]

[1]Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, [2] Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

***Contacto: 1830558e@umich.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

¿Quién controla a las máquinas? El papel de la teoría del control automático en la vida diaria

Resumen

¿Alguna vez has sentido que tu vista se nubla? Pues esto le pasó a don Aurelio, jardinero de toda la vida, cuando notó que los colores se apagaban y las formas se volvían borrosas. No eran sus anteojos, ¡eran sus propios ojos! Dentro de él, una pequeña ventana llamada cristalino llevaba más de 70 años acompañándolo. Como ocurre en todos los seres humanos, el cristalino conservaba las mismas fibras que se formaron en su juventud, sin reemplazarse con el paso del tiempo. Décadas de exposición a la luz solar y los efectos del estrés oxidante fueron alterando lentamente su transparencia. Las proteínas que mantenían clara esa ventana comenzaron a desordenarse y agruparse, como polvo que se acumula en un vidrio. Así aparece la catarata senil: no de forma repentina, sino como el resultado silencioso de cambios microscópicos que terminan por empañar la visión.

Palabras clave: Catarata senil, cristalino, estrés oxidante.

Don Aurelio siempre había sido jardinero. Desde los 13 años, cuando su madre le enseñó el cuidado de las plantas, hasta sus 72 años, aún podía recordar con exactitud el día que plantó cada árbol del parque: la jacaranda que florecía justo en primavera; los duraznos, aquellos con los que hace conserva en cada verano; el fresno, que da sombra a la banca en donde reposa y ve pasar el tiempo. Para él, la vida se medía en estaciones, colores y olores, pero un día, sin aviso, los colores y la forma de las cosas comenzaron a cambiar.

Al amanecer, cuando salía a regar, notó que las hojas verdes parecían más apagadas, como si alguien les hubiera puesto un filtro amarillento. Las flores ya no tenían el brillo intenso de antes (Fig. 1).

Y las caras de sus nietos, esas que antes distinguía desde lejos, se veían un poco borrosas; pensó que quizá sus lentes estaban sucios. Los limpió en repetidas ocasiones con su camisa, como siempre, pero nada cambió y pensó que tal vez era momento de cambiar sus lentes. No le dio importancia en su momento, pero semanas después, mientras

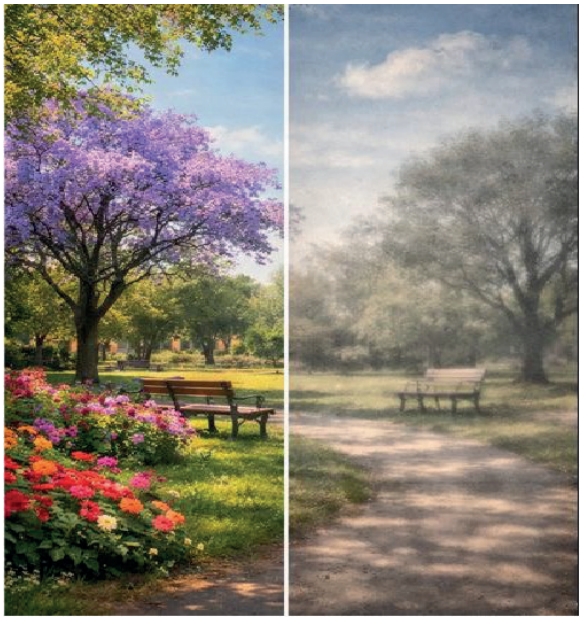


Figura 1. El parque con catarata senil. La comparación entre cómo veía don Aurelio antes y después de la catarata senil. Elaboración propia, adaptado de Mehta et al., 2020 [5]

limpiaba un viejo ventanal del invernadero, observó cómo el polvo y las pequeñas rayas del desgaste del vidrio distorsionaban la luz. Se quedó analizándola durante minutos enteros y descubrió que ese polvo hacía que la luz no entrara de la misma forma a su invernadero; ahora parecía estar nublado desde adentro.

Así veo yo ahora…-murmuró- ¡Como si mis ojos estuvieran sucios!, ¡como si mi ventana estuviera sucia! - exclamó. (Fig. 2).



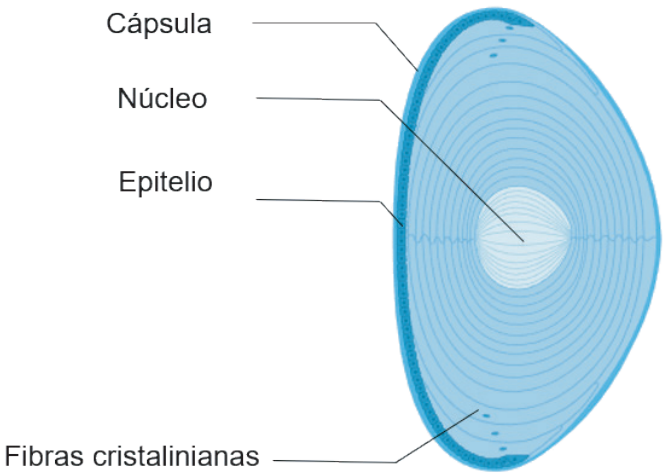
Figura 2. La ventana de don Aurelio. Don Aurelio se da cuenta de que sus ojos ven igual que el ventanal desgastado del invernadero. Elaboración propia con ChatGPT.

Y no se equivocaba, en lo profundo de su ojo, hay una ventana transparente, **el cristalino**, una ventana que lo ha acompañado toda su vida [1]. Esa pequeña lente transparente que enfocaba cada flor había empezado a perder su claridad. El cristalino es una pequeña lente natural que tenemos dentro del ojo. Es transparente, flexible y a diferencia de otros tejidos, no tiene vasos sanguíneos ni nervios, lo que le permite mantenerse claro para que la luz pase sin obstáculos. Su función principal es refractar y enfocar la luz que entra al ojo sobre la retina, ajustando su forma para que podamos ver con nitidez tanto de cerca como de lejos, como si fuera el lente de una cámara que se adapta automáticamente [3,6]. Lo que le pasaba a don Aurelio no era una enfermedad repentina ni un problema de un día para otro; era el resultado de una vida entera acumulando recuerdos, pero, sobre todo, de daño igual que ese ventanal que él mismo había pulido durante décadas y que ahora no dejaba entrar la luz.

Pero ¿su cristalino era igual de viejo que el ventanal?, ¿no se supone que nuestro cuerpo se regenera? En parte sí. Muchas células del cuerpo se reemplazan constantemente: las células de la piel se renuevan, las células de la sangre se producen diariamente, incluso el intestino cambia su revestimiento celular en cuestión de días. Sin embargo, no todas nuestras células tienen la capacidad de regenerarse. El cristalino, a diferencia de otras partes del cuerpo, tiene algunas células que no se renuevan, ni pueden limpiarse. Está cubierto por una cápsula fina y elástica, que lo envuelve y lo mantiene tenso; en su superficie hay algunas células que pueden dividirse, llamadas células epiteliales, la mayor parte del cristalino está formada por fibras que conforman lo que se conoce como la corteza y el núcleo del cristalino. Las células del epitelio que se encuentran en la superficie del cristalino pueden regenerarse al ser las que conservan núcleo y organelos, como otras células del cuerpo.

Desde ahí comienza un viaje hacia el interior. Cuando las células migran hacia la corteza del cristalino, empiezan a transformarse. Se alargan, se acomodan una junto a otra como tablillas de un abanico perfectamente alineadas y poco a poco, comienzan a perder sus organelos, desaparecen sus mitocondrias, su retículo… incluso su información genética. Finalmente, al llegar al núcleo del cristalino, la región más profunda y antigua de la que te hablo ya no queda rastro de organelos. Son fibras completamente transparentes, llenas exclusivamente de proteínas llamadas cristalinas, ordenadas con tal precisión que permiten que la luz atraviese el tejido sin dispersión (fig. 3).

Figura 3. La estructura del cristalino. Elaboración propia, adaptado de Brennan et al., 2021 [1].



Entonces, las células que se formaron cuando don Aurelio nació seguían ahí, las mismas con las que vio el mundo por primera vez; con las que aprendió de su madre a cultivar flores y las que lo acompañaron a conocer a su nieta recién nacida también seguían en el mismo lugar. Mientras muchos tejidos de su cuerpo se renovaban constantemente, sus fibras más antiguas o las del núcleo permanecían ahí desde el nacimiento, sin posibilidad de regeneración. Como sucede con otras estructuras del cuerpo humano, como las neuronas y las células del músculo cardíaco [1].

Con los años, las células del cristalino y sus proteínas envejecieron junto con don Aurelio, cargando silenciosamente cada rayo de sol que iluminaba sus ojos al despertar; cada jornada de trabajo bajo el sol y cada radical libre. Sin embargo, a don Aurelio no le explicaron que los radicales libres son moléculas “inquietas” a las que les falta una pequeña parte para completarse, llamada electrón. Para compensar esa falta, reaccionan rápidamente con otras moléculas del cuerpo y les quitan el electrón que les falta. En ese intento de estabilizarse, pueden dañar a las proteínas del cristalino porque alteran su forma y su funcionamiento. Cuando se producen demasiados radicales libres y el cuerpo no logra controlarlos con sus defensas naturales como los antioxidantes, se genera lo que se llama estrés oxidante. Como si hubiera pequeños soldados (antioxidantes) dentro del cristalino peleando contra los radicales libres y poco a poco perdieran la batalla.

El estrés oxidante es, simplemente, un exceso de estas moléculas inquietas que empiezan a afectar nuestras células. Este daño ocurre a través de un proceso llamado oxidación. Este proceso se define como un tipo de reacción química en la que las moléculas cambian su estructura al interactuar con sustancias muy reactivas, como los radicales libres. Esto no significa que los radicales libres sean malos, de hecho, cuando se encuentran en pequeñas cantidades, funcionan como transmisores y amplificadores de señales dentro de las células, a esto, lo llamamos segundos mensajeros. Lo malo comienza cuando hay muchos radicales libres en el cuerpo [7].

Lo que don Aurelio estaba viviendo tiene nombre: catarata senil. Era la historia microscópica del envejecimiento de su ojo manifestándose en su día a día.

Al principio no lo notó, porque el ojo es paciente y resistente, pero cuando esos pequeños cambios se acumulan durante años, la ventana deja de ser clara, llegando al momento en que don Aurelio pensaba que sus ojos estaban sucios.

Lo que para él era "suciedad en sus ojos", para la biología era un proceso interesante. Su cristalino llevaba más de siete décadas trabajando sin descanso, sin reemplazar sus células ni renovar sus proteínas [1]. El estrés oxidante, causado por años de luz solar directa en sus ojos, tabaquismo pasivo, una dieta mal balanceada, inflamación y el tiempo habían ido modificando lentamente sus proteínas cristalinas [7].

Por ejemplo, la radiación ultravioleta del sol tiene suficiente energía para provocar reacciones químicas dentro del cristalino. Cuando la luz UV es absorbida por ciertas moléculas del ojo, se generan radicales libres, como el radical superóxido o el hidroxilo. Estas moléculas inestables reaccionan con las proteínas del cristalino, principalmente las llamadas cristalinas, oxidando algunos de sus aminoácidos. Esta oxidación puede romper enlaces, formar nuevos enlaces anormales entre proteínas (como puentes disulfuro) o hacer que cambien su forma. Este proceso se conoce como desnaturalización. Cuando muchas proteínas desnaturalizadas comienzan a pegarse entre sí y formar agregados, el cristalino pierde su organización transparente y empieza a volverse opaco.

En el caso del humo del cigarro, tanto en el tabaquismo activo como pasivo, se inhalan sustancias altamente reactivas, como radicales libres y compuestos que favorecen su formación. Estas sustancias pasan a la sangre y aumentan el estrés oxidante en distintos tejidos, incluido el ojo. Además, el humo puede disminuir los niveles de antioxidantes naturales del organismo, como el glutatión, que en el cristalino actúa como una especie de "escudo químico" (fig. 4).

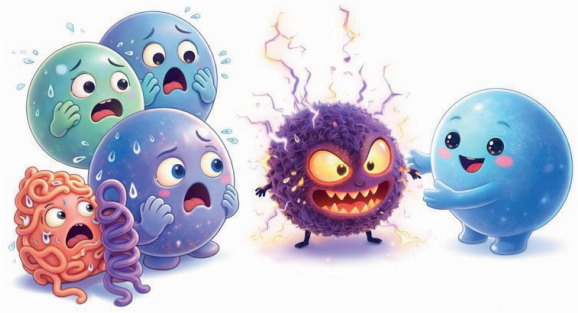


Figura 4. El glutatión protegiendo a las células y proteínas del cristalino, siendo el "escudo químico". Elaboración propia con ChatGPT adaptado de Trusctott, 2005 [8].

Cuando el glutatión se agota, las proteínas quedan más expuestas al daño oxidativo [8]. Por otro lado, una dieta baja en frutas y verduras reduce la ingesta de antioxidantes como la vitamina C, la vitamina E y los carotenoides. Estas moléculas ayudan a neutralizar radicales libres antes de que dañen estructuras importantes. Si la defensa antioxidante es insuficiente, los radicales libres pueden oxidar lípidos de membrana, enzimas y proteínas estructurales del cristalino, favoreciendo su deterioro progresivo.

Sin embargo, no todos los adultos mayores desarrollan cataratas. Esto se debe a que intervienen también factores genéticos, ambientales y de estilo de vida. Algunas personas heredan proteínas más resistentes al daño o sistemas antioxidantes más eficientes. Otras han estado menos expuestas a contaminantes ambientales o han mantenido hábitos protectores, como usar lentes con filtro UV, evitar el humo del tabaco, controlar enfermedades como la diabetes y llevar una alimentación equilibrada rica en frutas, verduras y agua.

En conjunto, el paso del tiempo influye, pero no actúa solo. La combinación entre la herencia genética, el entorno en el que vivimos y las decisiones que tomamos día a día pueden acelerar o frenar el proceso que lleva a la formación de cataratas.

En el caso de don Aurelio, esas proteínas desnaturalizadas se volvieron menos solubles, como si algo que antes estaba completamente disuelto en agua comenzara a transformarse en diminutos granos de polvo que poco a poco se acumulaban en su cristalino e impidieran que la luz atravesara su ojo. ¡EXACTO! Igual que el polvo del ventanal del invernadero.

Como las fibras del núcleo del cristalino no se renuevan a lo largo de la vida, estas modificaciones se van acumulando durante décadas. Poco a poco el tejido pierde su organización, se vuelve más rígido y menos transparente. La arquitectura perfecta del cristalino se altera y la luz comienza a dispersarse, y en lugar de dirigirse ordenadamente hacia la retina, ahora rebotaba en distintas direcciones dentro del ojo, creando una visión borrosa, amarillenta y empañada, que era lo que tanto inquietaba a don Aurelio [1].

Una catarata senil no es más que eso, una ventana que ha envejecido, acumulando marcas y recuerdos del paso del tiempo, igual que ese ventanal del invernadero que don Aurelio limpiaba sin descanso.

Este delicado equilibrio entre orden, transparencia y daño acumulado explica por qué la catarata senil no aparece de un día para otro. Es el resultado de una vida entera de uso constante de luz, entrando y saliendo millones de veces al día. Y aunque don Aurelio no podía ver ese proceso microscópico, su mirada empañada era la prueba silenciosa de que, con el tiempo, incluso las ventanas más resistentes, también envejecen.

Imagen generada por inteligencia artificial



Hoy, los oftalmólogos reemplazan esa ventana cuando se nubla. La cirugía de catarata es una de las más exitosas del mundo, devuelve la visión gracias a técnicas modernas como la facoemulsificación, en la cual se reemplaza el cristalino dañado por uno artificial [2]. Un logro extraordinario que millones de personas han utilizado para volver a ver con claridad aquello que creían perdido. Aunque el paso del tiempo no puede detenerse, hay algo que podemos hacer para reducir la velocidad con la que nuestra ventana se empaña. El cuidado de los ojos comienza mucho antes de que la visión se nuble, con el uso de lentes de sol para protegerlos del exceso de radiación solar, una dieta balanceada con alimentación rica en antioxidantes, hacer ejercicio, evitar el tabaquismo y acudir a revisiones oftalmológicas periódicas. Mientras se mantengan estos hábitos, el estrés oxidante se va a reducir y la organización del cristalino se mantendrá perfecta; las proteínas cristalinas conservan su forma clara, la luz atravesará el cristalino sin obstáculos. Pero basta que este orden empiece a deteriorarse para que la ventana pierda transparencia.

Y eso fue exactamente lo que comenzaba a ocurrir dentro de los ojos de don Aurelio. Después de muchos años trabajando bajo el sol, su cristalino empezó a empañarse lentamente. Sin embargo, su historia no terminó ahí. Don Aurelio pudo recuperar la claridad de su visión y volver a ver el mundo con nitidez, gracias a la cirugía de catarata y a los cuidados adecuados. Su historia es una invitación para cuidar nuestros ojos desde ahora porque, aunque el tiempo avance, cuidar nuestros ojos hoy puede ayudar a que la ventana con la que miramos el mundo permanezca clara por muchos años más.



Referencias bibliográficas

1 *Brennan L, Disatham J, Kantorow M. Mechanisms of organelle elimination for lens development and differentiation. Experimental Eye Research, 2021, 209: 108682. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.exer.2021.108682*

2 *Cabezas M. Cirugía de cataratas hoy: una actualización. Rev Med Clin Las Condes. 2023;34(5):344-358. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2023.09.003*

3 *Giannone AA, Li L, Sellitto C, White TW. Physiological mechanisms regulating lens transport. Frontiers in Physiology, 2021, 12: 818649. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fphys.2021.818649*

4 *Lim JC, Grey AC, Zahraei A, Donaldson PJ. Age-dependent changes in glutathione metabolism pathways in the lens: New insights into therapeutic strategies to prevent cataract formation—A review. Clinical & Experimental Ophthalmology, 2020, 48(8): 1031–1042. Disponible en: https://doi.org/10.1111/ceo.13801*

5 *Mehta U, Diep A, Nguyen K, Le B, Yuh C, Frambach C, et al. Quantifying color vision changes associated with cataracts using cone contrast thresholds. Transl Vis Sci Technol. 2020,9(12):11. Disponible en: https://doi.org/10.1167/tvst.9.12.11*

6 *Oftalvist. ¿Qué es el cristalino del ojo? [Internet]. Alicante: Oftalvist; 2021 [Consultado 1 Mar 2026]. Disponible en: https://www.oftalvist.es/blog/que-es-el-cristalino-del-ojo*

7 *Spector A. Oxidative stress-induced cataract: mechanism of action. The FASEB Journal, 1995, 9(12): 1173–1182. Disponible en: https://doi.org/10.1096/fasebj.9.12.7672510*

8 *Truscott RJW. Age-related nuclear cataract—oxidation is the key. Experimental Eye Research, 2005, 80(5): 709–725. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.exer.2004.12.007*

06

LAS DOS CARAS DEL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO: CAMBIOS FENOLÓGICOS A LO LARGO DEL AÑO

Emiliano Vargas-Rumbo[1]* y Alejandro Salinas-Melgoza[2]

[1]Facultad de Biología, [2]Laboratorio de Mastozoología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

***Contacto: emilianovargasru@gmail.com**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Las dos caras del bosque tropical caducifolio: cambios fenológicos a lo largo del año

Resumen

El bosque tropical caducifolio se caracteriza por una fuerte estacionalidad a lo largo del año, lo que genera marcadas diferencias en los procesos biológicos de las plantas entre la época de secas y lluvias. A lo largo del año, las plantas presentan diferentes patrones fenológicos como caída de hojas, floración, fructificación y germinación, estrategias que les permiten enfrentar las condiciones extremas de altas temperaturas y una baja precipitación. Es de suma importancia conservarlos, debido a la gran cantidad de servicios ecosistémicos que proveen, como regulación del clima, recarga de mantos acuíferos, materiales de construcción y combustibles, uso comercial de especies de flora y fauna, mantenimiento de la fertilidad del suelo y, al ser uno de los ecosistemas con mayor cantidad de especies endémicas, lo hace de los ecosistemas más importantes para su conservación.

Palabras clave: Selva seca, fenología, bosque tropical caducifolio, estacionalidad

Colores y sabores de los bosques tropicales

Cuando pensamos en un bosque tropical en México nos imaginamos los exuberantes bosques de Chiapas, Oaxaca y Veracruz. En estos bosques la vegetación permanece verde durante todo el año, hay una humedad constante en el ambiente, y los árboles alcanzan grandes alturas; estos son los llamados bosques tropicales perennifolios. Sin embargo, el escenario cambia completamente si nos desplazamos a bosques tropicales en otras zonas del país, el verdor eterno da paso a un ecosistema totalmente distinto. Estos bosques son más secos, los árboles son más pequeños y pierden sus hojas durante varios meses del año, lo que en conjunto se ve reflejado en una marcada estacionalidad. Estos son llamados los bosques tropicales caducifolios, un ecosistema donde la estacionalidad transforma su apariencia y funcionamiento a lo largo del año [1] (Fig. 1).



Figura 1. Bosque tropical perennifolio vs Bosque tropical caducifolio. La imagen de la izquierda muestra un bosque tropical perennifolio típico, donde se puede tener una alta humedad ambiental y arboles muy altos. La imagen de la derecha muestra un bosque tropical caducifolio típico, en época de secas con árboles sin hojas. Elaboración propia.

En México, el bosque tropical caducifolio tiene una extensión estimada de más de 200 mil km2, y es considerado uno de los ecosistemas más amenazados de nuestro país ya que más del 66% de su extensión presenta algún grado de deterioro [1]. La distribución del bosque tropical caducifolio se concentra en dos vertientes. Por un lado, el bosque tropical caducifolio puede encontrársele en la vertiente del Océano Pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, incluyendo la cuenca del Río Balsas. Por otro lado, se le encuentra en la vertiente del Golfo de México, que se extiende en tres principales áreas: 1) Sur de Tamaulipas, sureste de San Luis Potosí y extremo norte de Veracruz, 2) Centro de Veracruz y 3) Península de Yucatán [2] (Fig. 2).

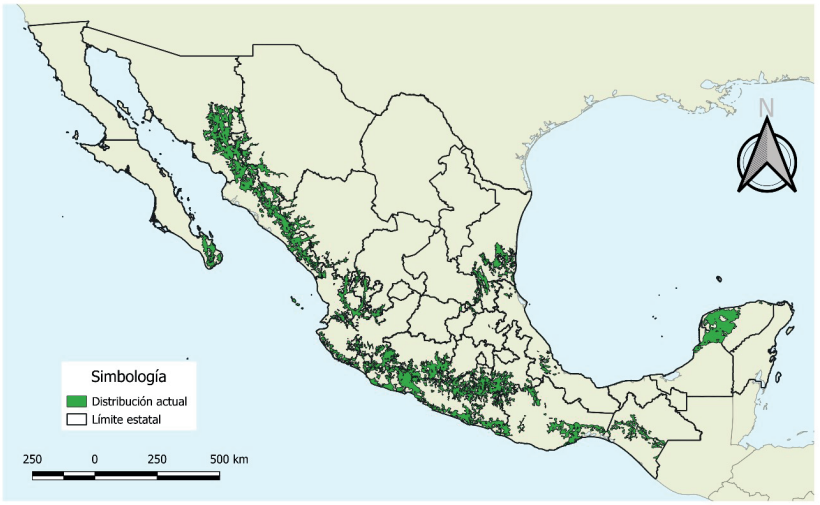


Figura 2. Distribución actual del Bosque Tropical Caducifolio en México. Adaptado de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO. Escala 1:1 000 000. México: CONABIO; 1998. Modificado de: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Instituto Nacional de Ecología. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

¿Qué tan diferente es el bosque tropical caducifolio de los demás tipos de bosque?

La marcada estacionalidad hace que los bosques tropicales caducifolios presenten dos estaciones muy diferenciadas entre sí. La fisonomía de una de estas estaciones es la que le da el nombre alternativo por el que también se conoce este tipo de hábitat, el bosque seco. En este bosque se nota una clara estación de lluvias, donde puede registrarse entre 600 y 1200 mm de precipitación entre junio y noviembre. Mientras que, en la época seca, la lluvia es prácticamente ausente y provoca el cambio fenológico que caracteriza este tipo de hábitat [2, 3]. Comparativamente, los bosques tropicales perennifolios pueden tener entre 1500 y 3000 mm de precipitación al año, y en algunas zonas sobrepasa los 4000 mm. Así, las condiciones ambientales en los bosques secos son muy adversas para las plantas de la región, sobre todo durante la época de sequía donde las altas temperaturas y la escasa precipitación, hacen que este periodo imponga grandes retos sobre las especies vegetales que se encuentran en los bosques tropicales caducifolios [3].

Mi querido enemigo, la sequía

En este contexto, el periodo de sequía, caracterizado por la ausencia casi total de lluvias y altas temperaturas, ha actuado como una fuerte presión ambiental sobre muchas de las especies de plantas que se encuentran en estos sitios estacionales. A lo largo del tiempo, estos factores han favorecido a las especies de plantas con adaptaciones fisiológicas que les permiten resistir a estas altas temperaturas y la poca precipitación, lo que explica su predominio en estas condiciones ambientales. La poca disponibilidad de agua en el suelo durante la época seca, impone un gran reto fisiológico, por lo cual las plantas pueden entrar en un tipo de sueño, también conocido como dormancia, y reducen su metabolismo. Es durante esta dormancia que las plantas pierden sus hojas para disminuir al mínimo la pérdida de la preciada agua. Así, las plantas evitan la desecación y la muerte [4,5,6] (Fig. 4). Es en esta época del año cuando las plantas pueden parecer muertas, por la falta de hojas, pero solo están esperando que el régimen de lluvias regrese de nuevo para traer el preciado líquido y comenzar su actividad. Es la belleza latente del bosque tropical caducifolio, disfrazada por ramas desnudas y sedientas (Fig. 3).

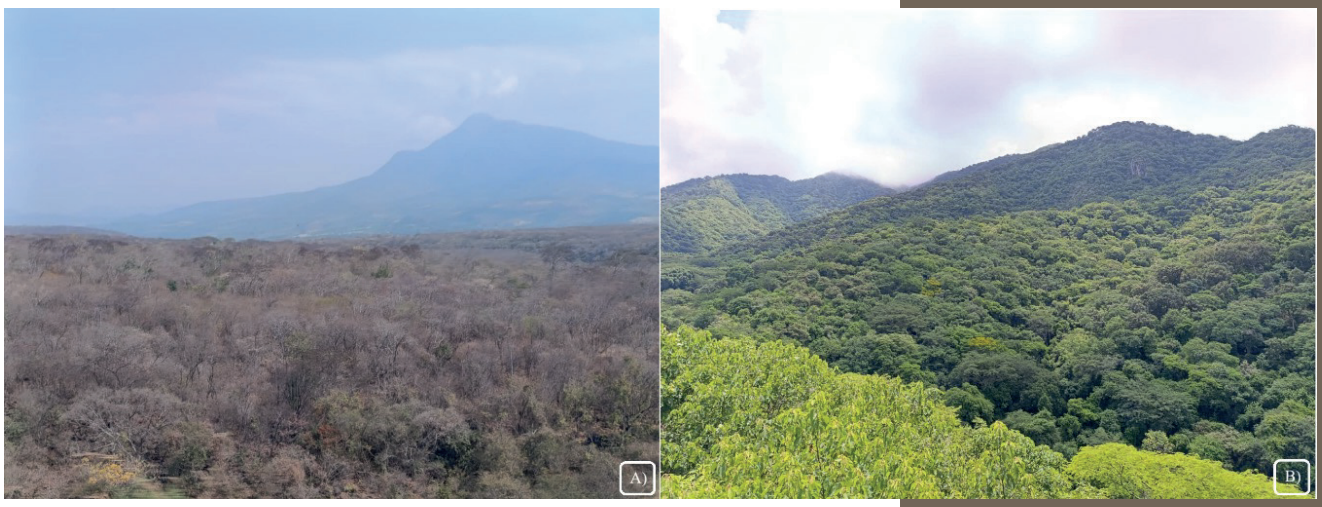


Figura 3. Contraste del paisaje del bosque tropical caducifolio durante la temporada de secas y lluvias. A) Aunque los árboles parezcan muertos, en realidad se encuentran en latencia, un sueño profundo que les permite sobrevivir en las condiciones adversas de la época de secas. B) Arboles con sus hojas en la época de lluvias, retomando la fotosíntesis y comenzarán con la producción de su alimento, regresando a sus funciones diarias. Elaboración propia.



Figura 4. Fenología del bosque tropical caducifolio a lo largo del año. Diagrama esquemático de la fenología (eventos clave del ciclo de vida de las plantas como la brotación foliar, la floración o la pérdida de hojas y cómo estos responden a factores ambientales como la temperatura, la precipitación y las estaciones del año). del bosque tropical caducifolio. Cada recuadro indica una etapa de la fenología del bosque tropical caducifolio a lo largo del año, las condiciones ambientales que la definen, y que estrategias fisiológicas las plantas desarrollan. Elaboración propia.

Lluvia milagrosa

Tras meses de sequía y aparente inactividad de las plantas, la llegada de las lluvias marca un cambio radical en el bosque, el aumento en la disponibilidad de agua en el suelo ocasiona que las plantas retomen sus necesidades, sus roles y sus tareas en el ecosistema. Esas ramas desnudas comenzarán a recuperar sus hojas a partir de los rebrotes que saldrán de sus puntas, retomarán la fotosíntesis y comenzarán con la producción de su alimento, y claro, el oxígeno que nosotros utilizamos. Así, el ciclo se completará, y las hojas anunciarán el despertar de esas plantas dormidas (Fig. 4). Asimismo, las lluvias en este hábitat pueden ser esporádicas y torrenciales, y la contribución a las lluvias solo será por eventos como huracanes cercanos a la costa en algunas partes donde este tipo de bosque se encuentra. Aunque estos eventos pueden llegar a ser catastróficos para el hombre, pueden ser la principal forma de llegada de agua para el bosque tropical caducifolio y hacer más llevadera la estacionalidad. Como en otros organismos, el agua es el recurso vital para las plantas [1,6,7].

Al mismo tiempo, las hojas que fueron tiradas al suelo durante la época seca previa (hojarasca), junto con la actividad de hongos, bacterias, y las lluvias, favorecen su descomposición. La descomposición de la hojarasca liberará una gran cantidad de nutrientes al suelo, dejándolos disponibles para las plantas. Así, el aumento en la disponibilidad de agua y de nutrientes genera las condiciones propicias para que algunas plantas no solo comiencen con el periodo de crecimiento de la parte vegetal de la planta, sino también la producción de flores. Estas serán especies de plantas que aprovecharán las condiciones favorables que traen las lluvias para dejar su descendencia. Sin embargo, también existen especies de plantas del bosque tropical caducifolio que producirán sus flores al comienzo de la época seca, principalmente para tomar ventaja de las condiciones secas que favorecerán la dispersión de semillas, pero que permanecerán latentes hasta las siguientes lluvias para emerger como plantas bebé, o plántulas (Fig. 3) [5,8].



Un ciclo interminable

En este sentido, la lluvia es un aspecto importante del bosque tropical caducifolio ya que determina la estacionalidad y regula los procesos biológicos y fenológicos de no solo de las plantas, sino también de los animales que dependen de ella en este bosque. Este tipo de hábitat enfrenta amenazas como la deforestación de grandes extensiones de zonas arboladas, que junto con incendios provocados incrementan la frontera agrícola o ganadera. Además, la cercanía de este hábitat a las zonas costeras ha desencadenado el desarrollo de proyectos urbanos que abonan a la disminución de la superficie de bosque tropical caducifolio con superficie íntegra. Esto ha llevado a estos bosques a que tengan un alto nivel de amenaza, y hace necesario que entendamos estas amenazas y cómo mitigarlas, para así poder diseñar estrategias que nos ayuden a protegerlo. Estas acciones de conservación no solo deben reconocer esta dinámica estacional, sino también los procesos ecológicos que guían este ecosistema, como la productividad primaria, ciclo de nutrientes e interacciones bióticas, y también tomar en cuenta el entorno social que se ha desarrollado alrededor y dentro de este sistema biológico. Es innegable el desarrollo de actividades humanas en el bosque tropical caducifolio y la fragilidad de este ante el disturbio ocasionado por el hombre, por lo cual es imperativo el desarrollo de estrategias que nos ayuden a preservar a largo plazo los procesos ecológicos, y los servicios ambientales que nos ofrece para no lamentarlo demasiado tarde.



Referencias bibliográficas

1 *Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury y R. Dirzo (Eds). 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica, CONABIO, México D.F. Available from: https://www.researchgate.net/publication/262935834_Diversidad_amenazas_y_areas_prioritarias_para_la_conservacion_de_las_Selvas_Secas_del_Pacifico_de_Mexico*

2 *Castillo-Campos G, Dávila-Aranda P, Zavala-Hurtado JA. La selva baja caducifolia en una corriente de lava volcánica en el centro de Veracruz: lista florística de la flora vascular. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 2007;80: pp. 77-104. Disponible en: doi:10.17129/botsci.1747*

3 *Pennington RT, Lavin M, Oliveira-Filho A. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 2009;40: pp. 437–457. Disponible en: doi:10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327*

4 *Izquierdo-Calderón N, Méndez-Toribio M. El asombroso contraste estacional del bosque tropical caducifolio. Saber Más. 2022;11: pp. 36–41. Disponible en: https://www.sabermas.umich.mx/formato-pdf.html?download=155:numero-62&start=20*

5 *Guillermo-Sandoval EE, Leopardi-Verde CL. Las selvas secas y su vegetación cambiante. Desde el Herbario CICY. 2020;12: pp. 25–29. Disponible en: https://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/*

6 *Saenz-Pedroza I, Ramírez-Díaz C, Manjarrez Silva FJ, Zepeda-Gómez C. Bosque tropical seco: entre lluvias, secas y humanos. Desde El Herbario CICY. 2022;14: pp. 5–10. Disponible en: https://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/*

7 *Valdez-Hernández M, Osorio-Gil EM, Jackson P, Andrade JL. Selva seca y sequía: compañeras inseparables. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias. 2007;58(4): pp. 60–64.*

8 *Allen K, Dupuy JM, Gei MG, Hulshof C, Medvigy D, Pizano C, Salgado-Negret B, Smith CM, Trierweiler A, Van Bloem SJ, Waring BG, Xu X, Powers JS. Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? Environmental Research Letters. 2017;12(2): pp. 023001. Disponible en: doi:10.1088/1748-9326/aa5968.*

07

¿QUIÉN CONTROLA A LAS MÁQUINAS? EL PAPEL DE LA TEORÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO EN LA VIDA DIARIA

Gerardo Loreto Gómez

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

Contacto: gerardo.lg@uruapan.tecnm.mx

REVISTA C+Tec
Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

¿Quién controla a las máquinas? El papel de la teoría del control automático en la vida diaria

Resumen

Hoy convivimos con máquinas que parecen tomar decisiones por sí mismas, un automóvil es capaz de estacionarse o conducirse de forma autónoma sin intervención humana; un dron puede mantenerse estable en el aire y evitar obstáculos mientras te va siguiendo y una aplicación es capaz de escribir textos o crear imágenes a partir de una simple instrucción. Aunque estas tecnologías parecen muy distintas entre sí, todas comparten una idea fundamental: alguien —o algo— está decidiendo cómo deben comportarse. Ese "alguien" no es una persona observando constantemente, sino un conjunto de reglas, algoritmos y modelos matemáticos que pertenecen a una disciplina conocida como teoría del control automático. Comprender el control automático nos permite entender no solo cómo funcionan las máquinas, sino también por qué la inteligencia artificial es una evolución natural de ideas desarrolladas desde hace muchos años.

Palabras clave: Control automático, inteligencia artificial, inteligencia artificial generativa, sistemas realimentados.

El principio básico: observar, comparar y actuar

Imagina que una máquina es como un niño aprendiendo a andar en bicicleta. Para no caerse, necesita saber si va muy lento, muy rápido o se está inclinando demasiado. Para ello se basa en una idea sencilla pero muy poderosa: observar, comparar y corregir. Cada vez que una máquina mide lo que está ocurriendo, lo compara con lo que debería ocurrir y actúa para corregir la diferencia, está aplicando la teoría del control automático. Sin embargo, alguien tiene que ayudarle a decidir cuándo corregir y cómo hacerlo con base en la medición realizada. Ese "alguien" en las máquinas se llama controlador, y todo este proceso ocurre de manera continua y rápida, formando lo que se conoce como un lazo de realimentación. Como se muestra en la figura 1, este proceso ocurre en un ciclo continuo: la máquina mide lo que está pasando mediante sensores, compara esa información con el valor deseado y, a partir de esa diferencia, el controlador genera una acción que modifica el sistema. Ese resultado vuelve a medirse, cerrando así el ciclo. Pero no todos los controladores piensan igual. Algunos son muy simples, otros son más cuidadosos y otros aprenden con el tiempo.

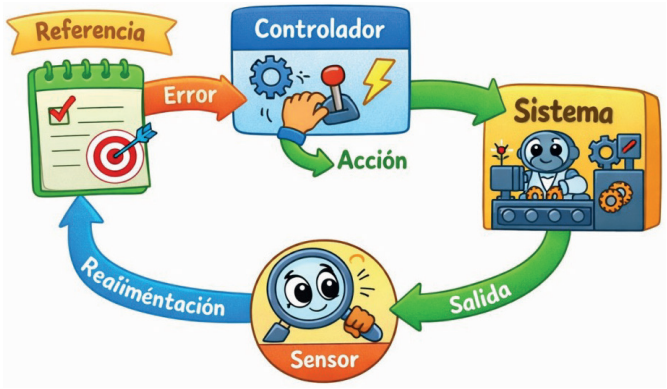


Figura 1. Sistema de control realimentado. Diagrama de un sistema de control en lazo cerrado. Imagen generada con ChatGPT, OpenAI.

Distintas formas de pensar: diferentes maneras de controlar

No todas las formas de controlar funcionan de la misma manera. A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes enfoques, cada uno con ventajas y limitaciones. El controlador más simple es como una persona que solo sabe decir sí o no. Imagina que tienes frío, te pones un suéter, luego tienes calor, te lo quitas, no hay puntos intermedios en este enfoque, o lo usas o no lo usas. Así funcionan algunos controladores muy básicos denominados "todo o nada". Un ejemplo sería un calentador que se prende cuando la temperatura de una habitación baja hasta cierto valor y se apaga cuando alcanza o supera una temperatura establecida. No piensa cuánto frío hace ni cuánto calor falta: solo decide encender o apagar. Este tipo de enfoque de control es fácil de usar, pero a veces provoca que la temperatura suba y baje todo el tiempo, como si la máquina no pudiera decidirse bien.

Ahora considera que estás caminando en una línea dibujada en el suelo. Si te sales un poquito, corriges un poquito. Si te sales mucho, corriges mucho, con base en qué tan grande es el error, se realiza la corrección en esa proporción. Este es un enfoque denominado proporcional. Si una máquina está muy lejos de lo que quiere lograr, se esfuerza más. Si está cerca, se esfuerza menos. Este tipo de controlador es más inteligente que solo prender y apagar, pero a veces se queda "casi bien", sin llegar exactamente al lugar correcto.

Pensemos ahora en alguien que está llenando un vaso con agua. Si se da cuenta de que siempre le falta un poquito de agua para llenar el vaso, la próxima vez sirve un poco más, es decir, recuerda los errores del pasado. Si una máquina presenta una desviación a su comportamiento deseado durante mucho tiempo, bajo este enfoque, se da cuenta y dice: "algo no está bien, voy a corregirlo poco a poco hasta que quede perfecto". Este enfoque es conocido en la teoría de control automático como acción integral. Gracias a este tipo de pensamiento, las máquinas pueden llegar exactamente al punto que quieren, aunque al principio no lo logren.

Ahora imagina que estás en un columpio y deseas alcanzar una cierta altura. Si ves que te estás moviendo muy rápido hacia adelante, sabes que pronto tendrás que frenar un poco, incluso antes de llegar a la altura deseada para no pasarte. Por lo tanto, no esperas a que el problema ocurra, sino que te adelantas. Este principio se aplica en el denominado control derivativo, observa qué tan rápido están cambiando las cosas y decide suavizar el movimiento antes de que sea demasiado tarde. Es como alguien que frena el coche antes de llegar a una curva peligrosa. Generalmente, este tipo de acción de control ayuda a que las máquinas se muevan de forma suave y sin sacudidas.
Cuando juntamos las últimas tres formas de pensar —corregir según el error, recordar el pasado y anticipar el futuro— obtenemos lo que se denomina un controlador PID [1]. Este controlador es como un conductor muy atento: corrige si se desvía, aprende de errores anteriores y se adelanta para evitar problemas. Por eso, es uno de los más usados en el mundo, se aplica para el control de motores, robots, elevadores, drones y muchas máquinas más. En la figura 2 se ilustra cómo estas tres acciones —proporcional, integral y derivativa— actúan de manera conjunta: una responde al error presente, otra acumula errores pasados y la tercera anticipa su cambio, logrando un control más preciso y estable.

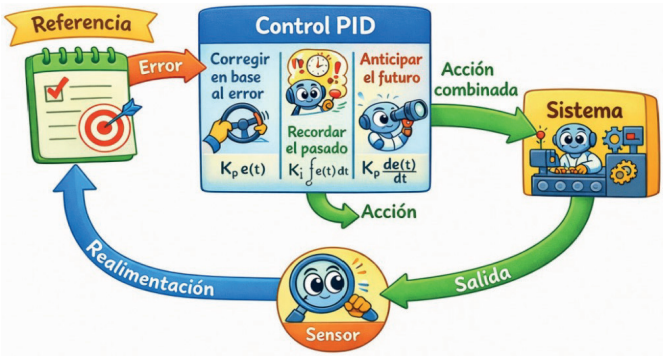


Figura 2. Sistema de control PID. Diagrama conceptual de un controlador PID que muestra las acciones proporcional, integral y derivativa actuando sobre un sistema. Imagen generada con ChatGPT, OpenAI

Más allá del PID: otras formas de control

Con el paso del tiempo, las máquinas comenzaron a enfrentar tareas cada vez más difíciles. Ya no bastaba con prender, apagar o corregir de forma sencilla. Fue entonces cuando surgieron nuevas maneras de pensar para controlar sistemas más complejos. La figura 3 resume estos enfoques, mostrando cómo el control ha evolucionado desde estrategias más simples hasta métodos capaces de adaptarse, predecir y aprender, dependiendo del nivel de complejidad del sistema y de la información disponible.



Figura 3. Diferentes enfoques de control. Ilustración comparativa de diferentes enfoques de control: clásico, adaptativo, predictivo, difuso e inteligente, mostrando su evolución y nivel de complejidad. Imagen generada con ChatGPT, OpenAI.

Cuando se maneja un automóvil, no se conduce igual en una carretera recta que en un camino con curvas, baches o lluvia. Si el camino cambia, tú también cambias tu forma de manejar: reduces la velocidad, giras con más cuidado y estás más atento. Bajo este mismo principio se basa el control adaptativo [2]. Este tipo de controlador observa cómo cambia la máquina o su entorno y ajusta su comportamiento automáticamente. No usa siempre las mismas reglas, sino que las modifica para seguir funcionando bien, aun cuando las condiciones ya no son las mismas.

Si además se considera que esa misma persona que ajusta su forma de conducir según el camino no solo reacciona a lo que está pasando, sino que planifica con anticipación, es decir, usa un mapa o un GPS. Entonces, antes de acelerar o frenar, tiene una imagen en su mente del camino que viene más adelante: sabe que hay una curva cerrada, un semáforo o una subida pronunciada. Con esa información, decide desde ahora qué hacer para que el recorrido sea lo más suave y seguro posible. Así funciona el control predictivo. En lugar de limitarse a reaccionar cuando el sistema ya empezó a cambiar, utiliza un modelo del sistema para anticipar cómo se comportará en el futuro. Es como si la máquina ensayara mentalmente varias acciones posibles y evaluara cuál le dará el mejor resultado. A diferencia del control derivativo —que solo observa qué tan rápido están cambiando las cosas en ese instante— el control predictivo simula lo que pasará más adelante si toma ciertas decisiones ahora. Analiza distintos escenarios, compara opciones y elige la acción que minimiza errores, esfuerzos o riesgos antes de que estos aparezcan. No se trata de aprendizaje por experiencia, sino de planificación basada en conocimiento previo del sistema. Gracias a esto, el control predictivo no solo corrige, sino que organiza el futuro, haciendolo especialmente útil en sistemas complejos donde actuar tarde puede ser costoso o peligroso.



Sin embargo, en la vida real, muchas decisiones no se toman con números exactos, sino con sensaciones y juicios aproximados. Una persona que va conduciendo generalmente piensa cosas como: “voy un poco rápido”, “la curva está bastante cerrada”, “el tráfico es más o menos pesado”. No mide todo con reglas ni cronómetros; simplemente combina experiencia y percepción para decidir si frena un poco, frena mucho o mantiene la velocidad. Así funciona el control de lógica difusa [3]. En lugar de trabajar solo con valores exactos como temperaturas precisas o velocidades exactas, permite que las máquinas tomen decisiones usando conceptos imprecisos, muy similares al lenguaje humano: mucho, poco, casi, lento, rápido. No exige límites rígidos, sino que acepta transiciones suaves entre estados. Gracias a este enfoque, la máquina no actúa de manera brusca, no pasa de “todo” a “nada”, sino que decide gradualmente. Es como un conductor experimentado que no necesita calcular con exactitud cada movimiento del pedal, pero aun así logra un manejo cómodo, seguro y natural.



Finalmente, si ese conductor no solo razona y planifica, sino que además aprende con el tiempo, al principio comete errores, frena tarde o acelera de más, pero después de recorrer muchas veces el mismo camino, empieza a hacerlo mejor sin que nadie se lo indique. Reconoce patrones, recuerda situaciones pasadas y ajusta su forma de conducir automáticamente. Este es el principio del control inteligente [4]. Aquí, la máquina no solo sigue reglas predefinidas, sino que incorpora mecanismos de aprendizaje, puede modificar su comportamiento con base en la experiencia, mejorar su desempeño y adapatarse a situaciones nuevas que no estaban previstas desde el inicio. El control inteligente se apoya en técnicas como redes neuronales, algoritmos evolutivos o sistemas de aprendizaje automático, y, en esencia, le da a la

máquina la capacidad de aprender de sus errores y éxitos, muy parecido a como lo hace una persona. Gracias a este enfoque, los sistemas ya no solo reaccionan ni planifican: evolucionan. Este tipo de control sienta algunas de las bases de lo que hoy conocemos como inteligencia artificial.

Aunque a veces se usan como sinónimos, el control inteligente y la inteligencia artificial no son exactamente lo mismo. El control inteligente se enfoca en mejorar el comportamiento de sistemas dinámicos —como robots, vehículos o procesos industriales— incorporando aprendizaje y adaptación dentro del lazo de control. En cambio, la inteligencia artificial es un campo más amplio que incluye no solo el control de sistemas físicos, sino también tareas como el reconocimiento de imágenes, el procesamiento del lenguaje o la generación de contenido. En este sentido, el control inteligente puede entenderse como una parte de la inteligencia artificial aplicada a sistemas que interactúan directamente con el mundo físico.

De la teoría del control a la inteligencia artificial e IA generativa

Si observamos con atención, muchas de las ideas que hoy asociamos con la inteligencia artificial nacieron mucho antes, dentro de la teoría del control automático. Desde el momento en que se buscó que una máquina corrigiera errores, anticipara lo que iba a suceder o aprendiera de su experiencia, se estaba sembrando la base de la IA [5]. Es como el conductor que primero aprende a mantener el volante derecho, luego a anticipar curvas y finalmente a mejorar su manejo con cada recorrido. La inteligencia artificial retoma estos principios y los amplía: ya no solo controla variables físicas, sino que reconoce patrones, toma decisiones complejas y se adapta a entornos cambiantes. Por otro lado, la IA generativa va un paso más allá, no se limita a elegir entre opciones existentes, sino que crea nuevas respuestas o soluciones, apoyándose en modelos que han aprendido de grandes cantidades de información [6, 7]. En el fondo, tanto la IA como la IA generativa conservan la esencia del control automático: observar, comparar, decidir y actuar, pero ahora aplicadas no solo a máquinas y procesos, sino también al conocimiento, la creatividad y la interacción con las personas. Mientras la IA tradicional decide qué hacer, la IA generativa decide qué crear. Sin embargo, ambas comparten la misma raíz: modelos que se ajustan mediante realimentación para reducir errores y mejorar resultados.



Conclusión

Desde los controladores más simples hasta la inteligencia artificial generativa, la teoría del control automático ha sido el cimiento silencioso de la tecnología moderna. Gracias a ella, las máquinas pueden comportarse de manera estable, adaptarse al entorno y, ahora, incluso crear. Comprender quién controla a las máquinas es comprender cómo la ingeniería ha permitido que la tecnología deje de ser solo una herramienta y se convierta en un sistema capaz de interactuar con el mundo de forma inteligente.

Referencias bibliográficas

1 *Bennett, S. (2001). The past of PID controllers. Annual reviews in control, 25, pp.43-53. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S1367-5788(01)00005-0.*

2 *Seborg, D. E., Edgar, T. F., & Shah, S. L. (1986). Adaptive control strategies for process control: a survey. AIChE Journal, 32(6), pp. 881-913. Disponible en: https://doi.org/10.1002/aic.690320602*

3 *Kumar, V., Nakra, B. C., & Mittal, A. P. (2011). A review on classical and fuzzy PID controllers. International Journal of Intelligent Control and Systems, 16(3), pp. 170-181. Disponible en: https://www.ijics.cn/*

4 *Zaitceva, I., & Andrievsky, B. (2022). Methods of intelligent control in mechatronics and robotic engineering: A survey. Electronics, 11(15), pp. 2443. Disponible en: https://doi.org/10.3390/electronics11152443.*

5 *Oke, S. A. (2008). A literature review on artificial intelligence. International journal of information and management sciences, 19(4), pp. 535-570. Disponible en: https://doi.org/ 10.6186/IJIMS*

6 *Sengar, S. S., Hasan, A. B., Kumar, S., & Carroll, F. (2025). Generative artificial intelligence: a systematic review and applications. Multimedia Tools and Applications, 84(21), pp. 23661-23700. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11042-024-20016-1*

7 *He, R., Cao, J., & Tan, T. (2025). Generative artificial intelligence: a historical perspective. National Science Review, 12(5). Disponible en: https://doi.org/10.1093/nsr/nwaf050.*

08

PINOS: SEMILLAS DESNUDAS, CON ALAS Y POLICOTILEDÓNEAS

Alejandra Hernández-García*, Juan Christian Altamirano López, Rafael Salgado Garciglia

Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

***Contacto: alejandra.hernandez@umich.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Pinos: Semillas desnudas, con alas y policotiledóneas

Resumen

A diferencia de las plantas con flores -las angiospermas-, como el maíz (monocotiledónea) o el frijol (dicotiledónea), los pinos pertenecen a las gimnospermas. En ellas, las semillas son "desnudas", es decir, que se desarrollan sin la protección de un fruto, formándose directamente sobre las escamas de las piñas. Estas semillas tienen una adaptación fascinante ya que están equipadas con “alas membranosas” que les permiten planear y dispersarse lejos del árbol madre llevadas por el viento, una estrategia perfecta para colonizar nuevos espacios en los bosques o el entorno donde se pueden desarrollar. Su proceso de germinación es único porque el embrión se alimenta de una reserva de energía llamada gametofito femenino. Además, mientras otras plantas solo tienen una o dos hojitas al nacer, las gimnospermas sorprenden con la brotación de múltiples hojitas en forma de sombrilla llamado verticilo, para aprovechar el sol. Esto se debe a que no tienen un cotiledón, ni dos, sino muchos más por lo que son llamadas policotiledóneas. Entender estos mecanismos —desde las semillas aladas hasta la germinación con múltiples cotiledones— no solo es curioso, sino que es clave para la conservación de los pinos, así como para comprender cómo evolucionaron las semillas en la historia de las plantas.

Palabras clave: Cotiledones, Crecimiento, Germinación, Gimnospermas.

Sin flores y sin frutos ¡Si hay semillas, pero desnudas!

En las especies de pinos *(Pinus spp)* y otras gimnospermas, la reproducción no depende de pétalos coloridos ni de pulpas dulces, ya que estas plantas carecen de verdaderas flores y frutos con rica pulpa. Los pinos utilizan estructuras especializadas llamadas conos o estróbilos, conocidos popularmente como piñas, que, por cierto, ¡En la fiestas navideñas son utilizadas como adornos! Aunque técnicamente no poseen flores como las angiospermas, como el maíz y el frijol, las gimnospermas tienen estructuras equivalentes que se clasifican como monoicas, esto significa que un mismo árbol tiene conos o piñas separados para cada sexo: Los conos masculinos (estróbilos polínicos), son pequeños, blandos, suelen aparecer en grupos y su única misión es producir los granos de polen, mientras que los conos femeninos (estróbilos ovulados), ¡Son las "piñas" que todos conocemos!, en sus escamas se encuentran los óvulos expuestos, esperando el polen para ser fecundados e iniciar la formación de la semilla, que contendrá el embrión que posterior a la germinación, formará una nueva planta (Fig. 1).



Figura 1. Desarrollo de conos femeninos (piñas). Imagen creada con IA de Google (https://gemini.google.com/share/920e0dc72857).

En estas plantas, la semilla se considera "desnuda", de ahí el término gimnosperma (*gymnos*, desnudo y *sperma*, semilla) [1, 2], aunque las semillas están encerradas sobre las escamas de las piñas, las cuales son de estructura leñosa y les ofrecen protección, hasta que se encuentren las condiciones ambientales favorables para que el viento las disperse, es en este momento donde las escamas se separan (higroscopía) para liberarlas. Este tipo de semilla a menudo cuenta con una pequeña membrana llamada ala, una innovación natural que le permite "planear" lejos del árbol madre, dispersándose con el viento, evitando la competencia por recursos y facilitando la colonización de nuevos territorios [2] (Fig. 2),



Figura 2. Cono o piña de pino y semillas aladas. Imagen creada con IA de Google (https://gemini.google.com/share/9e3a9815d42c).

La formación de semillas en gimnospermas: Un encuentro en las alturas

La vida de una planta no comienza con la semilla, sino con un encuentro microscópico denominado polinización. En las gimnospermas, este evento es un despliegue de ingeniería natural, ya que, al no poseer flores vistosas ni néctar para atraer insectos, dependen casi totalmente del viento (anemofilia). Los granos de polen son liberados desde los conos masculinos y viajan largas distancias hasta alcanzar los conos femeninos, para aterrizar directamente sobre los óvulos, y así ocurre la fecundación, la cual es un proceso sorprendentemente lento, ya que demora meses en completarse. Inicia con el desarrollo del tubo polínico desde el grano de polen, el cual penetra el tejido del óvulo para entregar los núcleos espermáticos al arquegonio (donde está la ovocélula), resultando en la formación del cigoto que se transformará en un embrión, rodeado por un tejido de reserva único: el gametofito femenino haploide, dando lugar a la semilla [2].

¿Qué es la Germinación?

Pasando un periodo de latencia, donde la semilla espera las condiciones ambientales adecuadas (agua, temperatura, oxígeno, condiciones del suelo), ocurre la germinación, un proceso fisiológico mediante el cual el embrión reinicia su metabolismo, rompe las cubiertas y emerge como una plántula independiente. Para que una semilla de un pino logre germinar con éxito, debe completar primero un proceso de maduración dentro del cono (la piña). Este desarrollo ocurre protegido por las escamas del cono y requiere tiempo, ya que se deben desarrollar procesos metabólicos que proporcionan la energía necesaria. Para que las semillas de los pinos estén listas para la germinación, como ocurre en la mayoría de la semillas, se necesita una etapa de deshidratación controlada. Mientras el embrión se desarrolla, la semilla pierde agua y entra en un estado de latencia. Las piñas pasan de un verde intenso a un tono pardo o café, y es este punto, cuando el contenido de humedad baja drásticamente, lo que permite que las células del embrión se hagan resistentes al frío y al paso del tiempo [3].

La germinación en pinos requiere de una alta fuente de energía, a diferencia de los humanos, que usamos mayormente carbohidratos, las gimnospermas prefieren los lípidos y proteínas. Las semillas de gimnospermas son ricas en ácidos grasos insaturados, pero estos aceites no solo alimentan al embrión, sino que también tienen un gran valor en la industria farmacéutica y cosmética por sus propiedades antioxidantes; las proteínas de reserva se almacenan en cuerpos proteicos y durante la germinación, se descomponen en aminoácidos para construir los nuevos tejidos de la plántula.

Por lo tanto, en las gimnospermas (pinos), la germinación tiene un sello distintivo, diferente a lo que ocurre en las semillas de maíz o frijol. Primero ocurre una movilización de reservas, en la que el embrión consume al gametofito femenino; posteriormente emerge la corona, y en vez de aparecer una hoja (maíz) o dos (frijol), se desarrollan

múltiples hojas que provienen de varios cotiledones (policotiledonía), al cual se le denomina verticilo [3, 4] (Fig. 3).



Figura 3. Proceso de germinación en pinos (*Pinus pseudostrobus* Lindl. 1839): 1. Semillas; 2. Etapa de emergencia; 3. Etapa del desarrollo inicial de los cotiledones; 4. Formación de la plántula con el desarrollo del verticilo (Elaboración propia).

Si alguna vez has sembrado una semilla de maíz, habrás visto que solo sale una hoja principal (monocotiledóneas), en cambio, si siembras una semilla de frijol, notarás que salen dos hojitas (dicotiledóneas). En los pinos, al ser policotiledóneas, se desarrolla el verticilo, una estructura formada por varias hojas que parecen una pequeña sombrilla verde que se abre para atrapar la luz del sol, necesaria para el desarrollo de las plantas [3, 4].

Un crecimiento lento pero seguro

A diferencia del pasto o de las plantas con flores del jardín, que crecen muy rápido, los pinos y muchas gimnospermas se toman su tiempo. Su germinación es un proceso paciente y delicado. Entender cómo despiertan estos gigantes de la naturaleza, es vital para los científicos, ya que nos ayuda a reforestar nuestros bosques y asegurar que los pinos sigan purificando el aire de nuestro planeta.

Referencias bibliográficas

1 *Fernández de Tejeda-de Garay I, Bellet-Serrano M & García-Guillén E. Talleres de Botánica. Las Gimnospermas. Madrid España, Jardín Botánico SCIC; 2012, 15 p. Disponible en: https://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/didactica/Gimnospermas.pdf*

2 *Iturritxa E & Mesanza N. Ciclo de vida del Pino. 2017. Reporte técnico, 3p. Semana de la Madera 23 al 29 de octubre, Sanidad Forestal Baskegur Neiker. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320826943_life_cycle_of_Pinus?channel=doi&linkId=59fbf951aca272347a1f1cb6&showFulltext=true*

3 *De la Cuadra C. Germinación, latencia y dormición de las semillas. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario; 1993 (Hojas Divulgadoras; 3/92 HD), 24 p. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf*

4 *Flores A, Méndez-González J, Muñoz-Flores HJ & Sigala JA. Germinación de especies de Pinus para la gestión forestal. Importancia ecológica y aplicada de la germinación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); 2025, 8p. Disponible en: https://www.gob.mx/inifap/articulos/germinacion-de-especies-de-pinus-para-la-gestion-forestal?idiom=es*

09

EL PICUDO PINTO DEL AGAVE ¿UNA AMENAZA PARA EL AGAVE MEZCALERO DE MICHOACÁN?

Luis Jesús Palma Castillo, José Isaac Figueroa de la Rosa*

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: jose.figueroa@umich.mx**

El picudo pinto del agave ¿una amenaza para el agave mezcalero de Michoacán?

Resumen

En México los agaves tienen entre 70 y 100 formas de uso, entre las que se encuentran la obtención de bebidas fermentadas (pulque) y destiladas (tequila y mezcal). A pesar de ello, los agaves –*cultivados y silvestres*– enfrentan hoy importantes retos para subsistir, debido a que se ven amenazados por plagas (insectos), enfermedades, cambio climático y cambio de uso de suelo, lo que pone en riesgo su supervivencia y la continuidad de las tradiciones que dependen de ellos. Bajo este contexto, el picudo pinto del agave –*como su nombre lo indica*– es un insecto que se encuentra asociado a estas plantas. Sin embargo, a pesar de estar presente en numerosos cultivos de agave destinados a la producción de mezcal, el conocimiento sobre su biología, ecología e impacto es limitado. En particular, muchos productores desconocen su presencia, lo que dificulta la evaluación del riesgo que este insecto representa para el *Agave cupreata*, cuyas poblaciones podrían verse gravemente afectadas a causa de este picudo.

Palabras clave: Picudo pinto, agave mezcalero, Etúcuaro, Michoacán.

Los agaves, plantas maravillosas de México

Si eres mexicano o has estado de visita en México, seguramente ya escuchaste el famoso dicho *"para todo mal, mezcal, para todo bien, también, y si no hay remedio, litro y medio"*, incluso es muy probable que hayas tenido la oportunidad de probar esta bebida ancestral que nos da identidad nacional. Dicha bebida, en las últimas décadas ha tomado gran relevancia a nivel local e internacional con el llamado "boom del mezcal". Los magueyes o agaves son las plantas que se utilizan como materia prima para la obtención de esta "bebida ancestral".

México alberga la mayor diversidad de especies del género Agave, ya que 159 de las 210 especies descritas a nivel mundial se encuentran en su territorio, lo que representa aproximadamente el 76% del total [1]. Además, 129 de estas especies se encuentran únicamente en el territorio nacional [1] –*que en términos biológicos a esto se le conoce como "endemismo"*– un ejemplo de ello es el *Agave cupreata*.

La fragilidad de las plantas de Agave cupreata

El *Agave cupreata* es la especie más utilizada en el estado de Michoacán para la producción de mezcal. Esta especie de maguey es endémica de la región de la Depresión del Balsas, entre los estados de Guerrero y Michoacán, y su reproducción es estrictamente sexual –*no se reproduce por hijuelos ni por bulbillos, a diferencia de muchos otros agaves*– es decir, la planta alcanza su madurez sexual entre los 7 y 15 años [2]. Una vez que esto ocurre se produce una inflorescencia (conocida como quiote), que posteriormente da lugar a las flores, que, al ser polinizadas, producen sus frutos y semillas.

Debido a su distribución restringida, el tipo de reproducción y el interés de los productores por aprovecharlo para la producción de mezcal, actualmente esta especie aparece en la lista roja de especies amenazadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), bajo el estatus de "en peligro de extinción (EN)" [3].

Desafortunadamente, los agaves pueden ser afectados por microorganismos que causan enfermedades (hongos, bacterias y virus) y por diversos insectos plaga (a la fecha se conocen nueve especies), destacando como el de mayor importancia el "picudo negro del agave (*Scyphophorus acupunctatus*)". Sin embargo, existe otro insecto asociado al agave conocido como el "picudo pinto del agave (*Peltophorus polymitus*)" [4], quien probablemente podría también representar una amenaza para la principal región productora de mezcal de Michoacán.

Peltophorus polymitus: un escarabajo con amplia distribución y escasa investigación

El picudo pinto del agave, al igual que el picudo negro del agave, son escarabajos de la familia Curculionidae, nombrados comúnmente como "picudos", debido a la presencia de un rostro alargado en forma de tubo a tal punto que pareciera tener un pico (Fig. 1), como lo tienen algunos mosquitos o chinches que los faculta para succionar sangre o savia de las plantas. Sin embargo, a diferencia de los mosquitos y chinches, los picudos sí presentan mandíbulas, por lo que muerden y mastican las plantas de las que se alimentan.

El picudo pinto del agave mide de entre 6 y 10 mm de largo y se caracteriza por ser un insecto de color negro con escamas de color blanco en todo el cuerpo. Sus ojos están muy pegados uno del otro y son bastante grandes ya que ocupan gran parte de la cabeza [4] (Fig. 1).

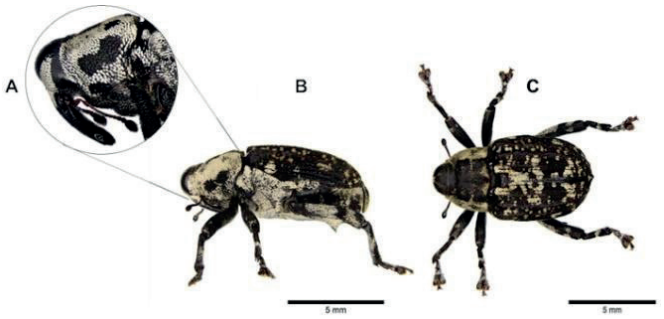


Figura 1. Adulto de Peltophorus polymitus. A) aparato bucal y detalle de las escamas; B) vista lateral; C) vista dorsal. Elaboración propia.

En México, este pequeño insecto ha sido registrado alimentándose sobre siete especies de agaves en 18 estados (Fig. 2). En el estado de Michoacán, este picudo ha sido reportado alimentándose de *Agave cupreata* [5]. Sin embargo, a pesar de su amplia distribución en el país, no existen estudios que evalúen el impacto que puede tener sobre las distintas especies de agaves.



Figura 2. Mapa de distribución de Peltophorus polymitus en México. En verde se representan los estados donde se ha reportado su presencia. Elaboración propia.

¿El picudo pinto del agave será una amenaza para Agave cupreata?

En los últimos años hemos observado un incremento en las poblaciones del picudo pinto del agave en la localidad de Etúcuaro, municipio de Madero, Michoacán, sobre plantaciones de Agave cupreata. Este maguey, como ya se comentó anteriormente, solo puede reproducirse de manera sexual (a través de semillas). Seguramente se preguntarán ¿por qué volvemos a tocar este punto? Da la casualidad de que las hembras de este insecto ponen sus huevos en el escapo floral de los agaves, donde posteriormente nacen sus larvas. Estas larvas se alimentan del tejido interno del escapo floral donde van creando túneles [6] (Fig. 3A), interrumpiendo con ello el paso de los nutrientes hacia las áreas donde brotan las flores, por lo que los frutos no terminan de desarrollarse completamente.

En consecuencia, las plantas afectadas no producirán semillas para el repoblamiento de la especie de agave. Al final, s larvas cumplen su objetivo y completan su desarrollo al pupar dentro del escapo floral. Transcurrido un tiempo, de esos escapos florales emergen nuevos adultos que repetirán un nuevo ciclo de vida. Además, los adultos del picudo pinto del agave se alimentan de las pencas y dejan pequeños orificios (Fig. 3B) por donde pueden colonizar microorganismos que pueden enfermar a la planta [6], al igual que sucede con nosotros cuando sufrimos alguna herida y no la tratamos como es debido.

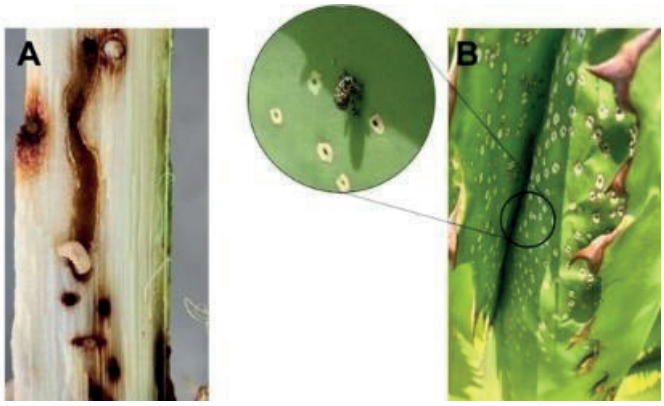


Figura 3. Daños causados por A) larvas y B) adultos de *Peltophorus polymitus* en *Agave cupreata*. Elaboración propia.

A pesar de que se tiene conocimiento de los daños que este picudo puede ocasionar no se han hecho estudios que nos permitan catalogarlo como una plaga, incluso muchos de los productores de agaves no se han percatado de la presencia y amenaza que representa este insecto en sus cultivos. Por lo que, es necesario generar más información sobre este insecto que nos permita catalogarlo –o no– como una especie de interés e idear una estrategia de manejo para su control, especialmente en las especies de agaves cuyas poblaciones silvestres se encuentran vulnerables como es el caso de Agave cupreata, ya que la coincidencia entre la biología reproductiva de este agave y la del picudo pinto del agave podría representar un riesgo significativo para la regeneración natural del agave, lo que resalta la necesidad de estudios específicos que evalúen su impacto poblacional.

Referencias bibliográficas

1 *García-Mendoza AJ, Franco-Martínez IS, Sandoval-Gutiérrez D. Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. Acta botánica mexicana, 2019, 126: pp. 1-18. Disponible en: https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461*

2 *Martínez-Palacios A, Gómez-Sierra JM, Sáenz-Romero C, Pérez-Nasser N, Sánchez-Vargas N. Genetic diversity of Agave cupreata Trel. & Berger. considerations for its conservation. Revista fitotecnia mexicana, 2011, 34(3): pp. 159-165. Disponible en: https://doi.org/10.35196/rfm.2011.3.159*

3 *Torres-García I, García-Mendoza AJ, Sandoval-Gutiérrez D, Casas A. Agave cupreata [Internet]. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T114979361A116353713. [Consultado 5 Ene 2026] Disponible en: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T114979361A116353713.en*

4 *Romo A, Morrone JJ. Especies mexicanas de Curculionidae (Insecta: Coleoptera) asociadas con agaves (Asparagaceae: Agavoideae). Revista Mexicana de Biodiversidad, 2012, 83(4): pp. 1025-1035. Disponible en: https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.4.1282*

5 *Salazar-Rivera GI, Bolom-Huet R, Enríquez-Vara JN. Picudo pinto (insecto plaga): historia natural y perspectivas de la distribución potencial en regiones de México. Horizontes Transdisciplinarios. 2024, 2(1): pp. 89-100. Disponible en: https://doi.org/10.5281/zenodo.12785984*

6 *González-Hernández H, Figueroa-Castro P, Rubio-Cortés R, Jones RW, Valdés-Carrasco JM. Primer reporte de Peltophorus polymitus Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en tres especies de Agave (Asparagaceae) en México. Acta zoológica mexicana, 2015, 31(3): pp. 473-476. Disponible en: https://doi.org/10.21829/azm.2015.3131090*

10

SI MUERO, ¿QUIÉN HEREDA MI VIDA DIGITAL?

Obet Alexander Guillén Díaz

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

2430655c@umich.mx

REVISTA C+Tec
Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

SI MUERO, ¿QUIÉN HEREDA MI VIDA DIGITAL?

Resumen

Imagina que mañana ya no estás. Tu familia tiene las llaves de tu casa y los papeles de tu coche, pero ¿quién tiene la contraseña de tu nube con diez años de fotos familiares? En la era donde todo es digital, nuestros recuerdos y bienes más valiosos ya no ocupan solo espacios físicos, sino digitales. Este artículo explora qué pasa con nuestra vida digital al morir y el vacío legal que enfrentamos en Michoacán frente a avances como los de la Ciudad de México.

Palabras clave:

Herencia digital, redes sociales, legado, tecnología.

El otro día, mientras desayunaba y revisaba distraídamente mis redes sociales, me topé con el recuerdo de Facebook de un querido maestro que falleció hace tres años. Su perfil seguía ahí, intacto, congelado en el tiempo, recibiendo felicitaciones de cumpleaños de conocidos despistados que no sabían de su deceso. Fue un momento un tanto nostálgico como revelador. Me hizo preguntarme: si yo faltara mañana, ¿quién se quedaría con todo esto? Y no me refiero a mis libros o a mi ropa favorita, sino a mis miles de correos electrónicos, mis redes sociales, mis conversaciones de WhatsApp, mi playlist en Spotify y, más importante aún, las fotos familiares que solo existen en la nube.

Vivimos en una paradoja fascinante. Nos pasamos la vida acumulando cosas que no podemos tocar y que están contenidos en dispositivos electrónicos y plataformas en línea. A esto le llamamos «patrimonio digital» [1], pero a diferencia de una casa o un terreno, no basta con ir al notario y hacer un testamento para dejarlo en orden. En el mundo físico, las reglas del juego están claras desde hace siglos [2]: si falleces, hay un testamento o una sucesión legítima. Pero en el mundo digital, las cosas son muy diferentes.

¿Y qué es lo que dejamos virtualmente? Básicamente, dos tipos de bienes:
El valor monetario: como las criptomonedas (dinero digital que se guarda y usa por internet), las cuentas en aplicaciones financieras donde se almacenan ahorros o inversiones, los canales de YouTube que generan ingresos por publicidad o suscripciones, las suscripciones y licencias digitales que permiten el uso de ciertos servicios o programas, los dominios de internet (direcciones web registradas a nombre de una persona) y otros activos registrados en tecnologías digitales. Se trata de bienes que, aunque no existen físicamente, tienen un valor económico y, en teoría, pueden venderse, transferirse o heredarse.

El valor sentimental: los miles de fotos en la nube, los correos electrónicos, los perfiles de redes sociales, los vídeos caseros… Aquí no hay un precio de mercado, pero sí un valor sentimental: nuestros recuerdos. Perderlo es, de algún modo, perder un pedazo de nuestra historia familiar.

¿Por qué duelen tanto perder esos archivos? Quizá porque, como explica Maurizio Ferraris [3], nuestros registros digitales se parecen al alma: nuestro rastro digital queda continuamente registrado en un dispositivo, el cual funciona como un repositorio del alma que guarda cada huella de nuestros movimientos.

Desde esta perspectiva, para comprender el problema es necesario replantear qué es lo que consideramos valioso. Tradicionalmente, pensamos en herencia como dinero o propiedades. Pero, ¿qué pasa si tienes criptomonedas? ¿O si eres un creador de contenido que monetiza un canal de YouTube? Esos son bienes con valor económico real. Y del lado sentimental, el valor es incalculable. Perder el acceso a la nube de almacenamiento de un ser querido es, en la práctica, perder un álbum familiar.

En países como España, la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales [4], faculta a familiares y herederos para acceder, suprimir o mantener los perfiles de las personas fallecidas, salvo prohibición expresa de ésta; Francia, por su parte a través de la Ley N.° 2016-1321 de 7 de octubre de 2016 para una República Digital [5], reconoce el derecho que tienen las personas de decidir sobre la conservación, supresión o destino de sus datos personales tras fallecer, pudiendo designar a un responsable para ejecutar esa decisión e imponiendo a los prestadores de servicios digitales la obligación de respetarlas.

En México, a nivel federal no existe regulación específica sobre este tema.

En Michoacán, nuestro Código Civil todavía piensa a los bienes en términos de vacas, tierras y casas. Si bien existen esfuerzos legislativos —como la iniciativa presentada en el Congreso local en 2023 [6] que buscaba reformar el Código Civil para reconocer explícitamente los derechos y bienes digitales dentro del patrimonio hereditario—, al día de hoy no tenemos una figura de testamento digital plenamente operativa y ciudadanizada como ya ocurre en la Ciudad de México. Allá, desde 2021, el artículo 1392 Bis del Código Civil [1] permite que vayas con el notario y le digas: «Quiero que mi usuario y contraseña se le entreguen a mi hermano». Aquí, todavía dependemos de la buena fe... y de los términos y condiciones de las plataformas.

Como no existe una ley que regule este tema, los jueces en Michoacán no tienen herramientas claras para intervenir y sobre la cual basar sus decisiones. Por eso, al final, quienes deciden qué pasa con nuestra información y recuerdos digitales no son los tribunales, sino los programadores y las reglas de cada plataforma. Cuando abrimos una cuenta en Facebook, Instagram o TikTok, aceptamos —en la inmensa mayoría de los casos, sin leer— unos términos de servicio que son contratos legales vinculantes.

Y sorpresa: la mayoría de estas plataformas son celosas de la privacidad, incluso después de la muerte. La política estándar es no compartir contraseñas, ni siquiera con la viuda o el hijo. Facebook, por ejemplo, ofrece convertir el perfil en una «cuenta conmemorativa», pero no te da acceso a leer los mensajes privados del difunto. Google tiene una herramienta genial llamada «Administrador de cuentas inactivas», que es básicamente un interruptor de hombre muerto: si no te conectas en tres meses, el sistema envía tus datos a quien tú hayas elegido previamente. ¿El problema? Casi nadie sabe que esto existe y, por ende, nadie lo configura.

Este choque entre la privacidad, los deseos de la familia y las reglas de las empresas no es solo un problema nuestro. Incluso la Suprema Corte de Justicia de la Nación ha tenido que meterse en el debate [7]. En noviembre de 2022, los ministros analizaron qué pasa con los datos personales cuando alguien fallece. La Corte determinó que aplicar automáticamente el llamado «derecho al olvido» tras la muerte —es decir, borrar los datos de una persona solo porque haya fallecido— es incompatible con la libertad de expresión y el derecho de acceso a la información. La Corte dejó claro que nuestra información personal, por su valor emocional y hasta patrimonial, merece protección incluso después de la vida, y que los herederos tienen un interés legítimo en ella. Esta sentencia constituye un precedente judicial fundamental que valida y refuerza los esfuerzos legislativos previos, reconociendo que lo digital también deja un legado que debe cuidarse.

Esto nos recuerda que, como sociedad, debemos actuar en dos áreas. Primero, en leyes: nuestros diputados deben actualizar las normas para reconocer que la identidad y las propiedades también existen en el mundo digital, y así darles seguridad legal.

Pero mientras eso llega, la responsabilidad es nuestra. No hay que esperar a que una ley resuelva lo que puedes prevenir hoy con tres clics. Entra a la configuración de tu Facebook y asigna un «contacto de legado». Configura tu inactividad en Google. Haz una lista física —sí, en papel y lápiz— de tus contraseñas más importantes y guárdala en un lugar seguro o con tu notario de confianza. Y si quieres blindarte aún más, considera usar un gestor de contraseñas: estas herramientas no solo almacenan y protegen todos tus accesos, sino que algunas permiten designar un «contacto de emergencia» que puede solicitar acceso a tus contraseñas en caso de fallecimiento, tras un período de espera que tú mismo defines.



La tecnología, lo sabemos, avanza a una velocidad mucho mayor que el Derecho. Mientras los abogados y legisladores discuten, debaten y dilatan cómo regular realidades emergentes como el Metaverso (un mundo virtual donde las personas interactúan mediante personajes digitales), tus recuerdos, tus conversaciones y tu huella digital siguen acumulándose, segundo a segundo, en servidores lejanos sobre los cuales tienes un control limitado. No dejes que tu historia digital, esa narración íntima y única de tu vida, se pierda en el olvido de los algoritmos o quede atrapada para siempre tras una contraseña que nadie más en el mundo conoce. Planificar la herencia de lo digital no es un acto de desapego, sino todo lo contrario.

Planificar la herencia de lo digital es, en realidad, un acto de autonomía. En un mundo donde nuestras vidas están en servidores ajenos, al tomar estas previsiones estamos reclamando un espacio de control sobre nuestro legado. Le decimos a las plataformas que, aunque nuestros datos estén en sus servidores, nosotros y las personas en quienes confiamos tendremos la última palabra sobre su destino. Es un gesto significativo contra la idea de que lo digital es efímero y de que nuestra muerte física borra nuestra existencia en línea.

Al final del día, heredar no es solo transmitir bienes; es un acto de cuidado y de amor, es asegurar deliberadamente que nuestra memoria, en todas sus formas antiguas y nuevas, perdure de la manera que deseamos para quienes más amamos. La pregunta no es si alguien heredará tu vida digital; la pregunta, realmente, es si tú tomarás las riendas para definir cómo y quién lo hará.



SI MUERO, ¿QUIÉN HEREDA MI VIDA DIGITAL?

Referencias bibliográficas

1 *Congreso de la Ciudad de México. Decreto por el que se adicionan los artículos 1392 Bis, 1520 Bis, 1520 Ter, y se reforman diversos artículos del Código Civil para el Distrito Federal [Internet]. Ciudad de México: Gaceta Oficial de la Ciudad de México; 4 ago 2021 [Consultado 12 ene 2026]. Disponible en:https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/a43639712aa95bc77f513fef08ca1484.pdf*

2 *López Rivera S. La herencia en el mundo Antiguo. Podium Notarial, 2003; (28): 22-26. Disponible en: https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/podium-notarial/article/view/16306/14620*

3 *Ferraris M. Documentalidad: por qué es necesario dejar rastros. Madrid: Síntesis; 2013.*

4 *España. Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales. Boletín Oficial del Estado [Internet]. 6 de diciembre de 2018. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/lo/2018/12/05/3*

5 *Francia. Ley N° 2016-1321 de 7 de octubre de 2016 para una República Digital [Internet]. París: Journal Officiel de la République Française; 8 de octubre de 2016 [Consultado 15 de abril de 2026]. Disponible en: https://www.wipo.int/es/web/wipolex/w/news/2016/article_0014*

6 *Congreso del Estado de Michoacán. Propone Barragán establecer en Michoacán la figura de herencia digital [Internet]. Morelia: Congreso del Estado de Michoacán; 2023 [Consultado 12 ene 2026]. Disponible en: http://congresomich.gob.mx/propone-barragan-establecer-en-michoacan-la-figura-de-herencia-digital%EF%BB%BF/*

7 *Suprema Corte de Justicia de la Nación. En la Ciudad de México, es inconstitucional la disposición que prevé la instrucción para que el representante de una persona fallecida gestione la eliminación de su información personal almacenada en registros electrónicos públicos y privados luego de su muerte: Primera Sala [Internet]. Ciudad de México: Suprema Corte de Justicia de la Nación; 23 nov 2022 [Consultado 12 ene 2026]. Disponible en: https://www.internet2.scjn.gob.mx/red2/comunicados/noticia.asp?id=7148*

11

DE MOLINOS, ENGRANES Y CHIMENEAS: HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DEL AZÚCAR

Luis Alfredo Ayala Ortega.

Facultad de Arquitectura, Unidad Profesional Uruapan, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Contacto: luis.alfredo.ayala@umich.mx

REVISTA C+Tec
Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

De molinos, engranes y chimeneas: Historia de la producción del azúcar

Resumen

¿Sabías que el proceso de elaboración del azúcar en México que consumimos hoy en día ha variado muy poco desde el siglo XVI? Sí, efectivamente, en pocas palabras, lo único que ha cambiado desde entonces han sido tres cosas: la tecnología, los recursos empleados (principalmente el combustible y tiempo) y el tipo de azúcar obtenido; a excepción de esto, el proceso de elaboración del azúcar ha sido el mismo desde que Hernán Cortés sí, ese personaje tan importante en la historia de México , introdujo el cultivo de la caña de azúcar al territorio novohispano en el siglo XVI.

Palabras clave:

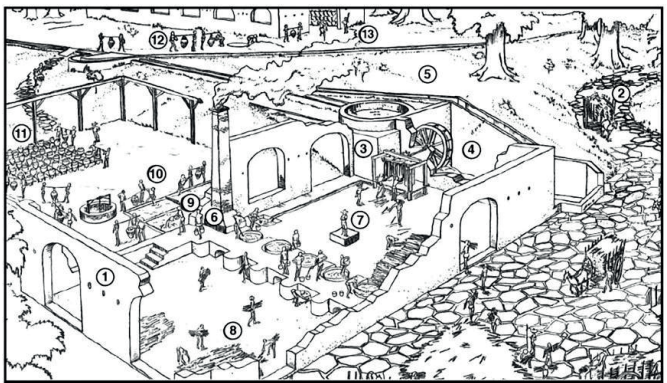
Azúcar, historia, proceso de elaboración, arquitectura.

Breve historia del arribo de la caña de azúcar en México.

La caña de azúcar es una gramínea gigante, perenne de clima cálido de origen asiático y que en México se le conoció principalmente con el nombre de caña criolla o habanera [1]. La caña de azúcar fue originalmente domesticada en Nueva Guinea (Oceanía) y desde aquí, aproximadamente en el año 10,000 a.C. llevada a Filipinas, India y posiblemente a Indonesia [2]. En el siglo VI de nuestra era, la caña de azúcar pasó de la India a Persia, que jugó un papel excepcional como puente hacia el Oeste, dado que la expansión árabe – el vehículo del azúcar al mundo mediterráneo- se puso en contacto con ella [3], para finalmente arribar a Europa cuando los árabes la llevaron a España en el año de 741 d.C., apareciendo las primeras instalaciones para su transformación en Valencia y Granada [4]. La planta de la caña está compuesta por un alto porcentaje de fibra y jugo constituido por agua y sólidos solubles [5], lo que hace que sea posible aprovechar casi en su totalidad todas sus partes, directamente en el proceso de elaboración de azúcar o indirectamente en trabajos agrícolas.

Como te puedes dar cuenta, la caña de azúcar no es originaria del continente americano ni mucho menos de México, sino que es una planta que fue introducida por Cristóbal Colón en su segundo viaje al continente americano en 1493 [6] en la Isla de la Española -hoy Santo Domingo-, y desde ahí, la planta arribó a México por medio de Hernán Cortés quien traería "ejemplares procedentes de las Islas Canarias que se plantaron por primera vez en 1524 en terrenos cercanos a San Andrés Tuxtla, en el actual Estado de Veracruz" [1].

El arribo de la caña de azúcar no solo implicó la introducción y siembra de un nuevo cultivo en un nuevo territorio, sino la construcción de las instalaciones necesarias para su transformación, las cuales se les conocieron en un primer momento como "trapiches", los cuales eran recintos proto industriales, es decir espacios donde el trabajo de procesamiento se hacía de manera manual, casi artesanal, parte por parte y no en serie (como las fábricas que conocemos hoy en día), en donde la caña de azúcar era pasada por diferentes engranes, molinos y calderos para ser transformada primero en jugo, después en melaza y finalmente en "panes" de azúcar (Fig. 1).



D. 18 Reconstrucción imaginaria del ingenio "La Concepción de Nuestra Señora", propiedad de Diego Caballero, Secretario de la Real Audiencia. Se encontraba funcionando en los alrededores de Nigua desde 1525, aprox.

1. Casa de Calderas. 2. Transporte de la caña al ingenio por la guardarraya o camino principal. 3. Trapiche de molienda impulsado por fuerza hidráulica. 4. Rueda de cangilones. 5, Cañaleta y depósito de acumulación de agua. 6. Tren español o conjunto de fogones donde se obtiene el punto de meladura. 7. Maestro del azúcar. 8. Depósito de leña. 9. Placina o refriadera. 10. Aljibe. 11. Tringladillo o estructura donde se colocaban las hormas con melaza en su primera fase de cristalización. 12. Parada para sellar las hormas con barro, que al bajar remueve las impurezas. Técnica llamada "aguaje". 13. Casa de Purgas, etapa final de cristalización y almacenamiento.

Figura 1.- Reconstrucción idealizada del Ingenio de Diego Caballero, ubicado en la desembocadura del río Nigua, en Santo Domingo, República Dominicana. Una de las primeras instalaciones establecidas en el continente americano para producir azúcar. Fuente: Duval S. 2023, p. 129.

Proceso tradicional de elaboración de azúcar en México.

El proceso de transformación de la caña de azúcar por medio del llamado método tradicional o "cortesiano" [7], el cual fue utilizado en México por trapiches y haciendas azucareras, desde el siglo XVI y hasta las últimas décadas del siglo XIX, cuando la aparición del vapor y el empleo de maquinaria industrial vino a modificar mínimamente esta forma de hacer azúcar.

El proceso de elaboración de azúcar en el ámbito industrial está compuesto por cinco momentos claramente distinguibles y sobre los cuales se emplean implementos, tecnología, energía y una arquitectura en particular; dichas etapas son el acarreo, la molienda, la cocción, el purgado, y el blanqueamiento del azúcar.

La caña de azúcar llega a las instalaciones de molienda (trapiche, hacienda o ingenio) y una vez aquí, es recibida, pesada y acomodada en un espacio llamado batey, dicho recinto es un área dentro del ingenio cerca del acceso principal también conocida como "cañero", en donde se recibe y acomoda la caña de azúcar proveniente del campo en preparación, previo a ser prensada en la "casa del molino", recinto ocupado por una serie de maquinarias (Fig. 2) y engranes, que impulsados por fuerza animal, hidráulica o vapor, mueven unas prensas de rodillos verticales u horizontales, que exprimen la caña de azúcar hasta el punto de separar el jugo de la caña de azúcar del bagazo (fibra).

Una vez extraído el jugo de caña, éste es conducido a la "casa de calderas" (Fig. 3), un edificio en donde el jugo es concentrado en una serie de pilas para posteriormente ser calentado, clarificado y cocido en calderas hasta transformar el jugo de caña de azúcar en melazas y así pueda perder agua e impurezas.



Figura 2.- Fotografía de vestigio de prensa (trapiche) para exprimir caña de azúcar, de tres mazas horizontales de hierro impulsado por fuerza hidráulica del siglo XIX, Chupio, Tacámbaro, Michoacán. Fuente: Autoría propia.

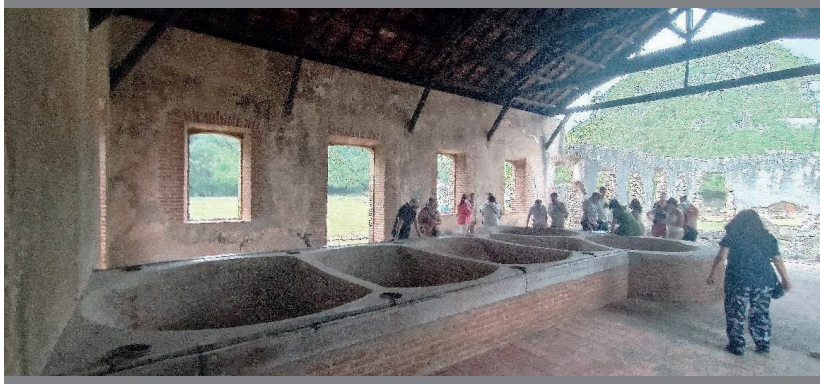


Figura 3.- Fotografía de la casa de calderas del Ingenio Boca de Nigua, Santo Domingo, República Dominicana, del siglo XVII. En la imagen se aprecia el tren de fogones en donde se colocaban las calderas de cocimiento del jugo de la caña de azúcar. Fuente: Autoría propia.

Una vez alcanzada la consistencia deseada, la melaza cocida es retirada del fuego y trasladada a una artesa (cajón cóncavo de madera) de cobre, madera o plomo de poca profundidad para su enfriamiento, llamada resfría, cristalizadora o gaveta. Una vez en la resfría, la melaza cocida es batida para "romper y volver más pequeños los cristales de azúcar que se iban formando una vez que la temperatura de la masa había descendido a unos 75° u 80°C" [3]. Una vez enfriada la melaza cocida, conocida como meladura, se trasvasa dentro de unos recipientes de arcilla roja de geometría cónica, conocidos como "formas de barro" (Fig. 4), para que dentro de éstos, se lleve a cabo el proceso de purga, es decir, se decante la melaza, se separen las mieles de los cristales inseparables y se forme el azúcar.



Figura 3.- Fotografía de la casa de calderas del Ingenio Boca de Nigua, Santo Domingo, República Dominicana, del siglo XVII. En la imagen se aprecia el tren de fogones en donde se colocaban las calderas de cocimiento del jugo de la caña de azúcar. Fuente: Autoría propia.

Posteriormente, las "formas de barro" con el azúcar en su interior ya sólido, es "blanqueado" a través de la aplicación de una mezcla de arcilla humedecida, la cual se hace pasar a través de unas pequeñas oquedades que se formaban entre el pan de azúcar y la "forma de barro", por medio del golpeteo en el molde. Una vez blanqueados los panes de azúcar, estos son desmoldados y llevados a un espacio llamado *asoleadero*, en donde los panes son expuestos a la intemperie para su secado. Deshidratados los panes, son entonces clasificados de acuerdo con su color y pureza y llevados a la bodega en donde son envasados, etiquetados y acomodados para su posterior venta.

Pero ¿Y cómo es el proceso de elaboración de azúcar de hoy en día?

Al inicio de nuestro texto, se comentó que el proceso de elaboración de azúcar se ha mantenido casi sin cambios desde el siglo XVI, excepto por algunas mínimas excepciones referentes a tres aspectos: la tecnología, los recursos empleados (combustible y el tiempo utilizado) y el tipo de azúcar obtenida, cuestiones que ahora vamos a abordar.

a) Tecnología:

Bajo el método tradicional, la tecnología empleada para la elaboración del azúcar fue de tipo "proto industrial", es decir, una "tecnología" de naturaleza manual, en donde había poco control y confiabilidad en los procesos productivos y sin maquinarias de por medio. Este trabajo manual implicó realizar tareas de traslado y manipulación de la caña de azúcar por medios rudimentarios; por ejemplo, la caña de azúcar se cortaba en los campos agrícolas y se cargaba a mano en carretas de madera, que eran tiradas por bestias de carga las cuales eran conducidas hasta los ingenios, en donde la caña de azúcar se descargaba, se contabilizaba, pesaba y se acomodaba a mano en el área del *batey*, posteriormente, la caña era manipulada por dos operarios, uno que introducía de un lado de la prensa la caña, y por una segunda persona que la recibía del otro lado, recogiendo el material sobrante (cáscaras y bagazo). Extraído el jugo, se cocía y clarificaba en la casa de calderas en donde distintos trabajadores revolvían las calderas por horas continuas hasta alcanzar la consistencia deseada, todo dentro de un espacio semicerrado, expuestos a altas temperaturas y con presencia de humos.

Finalmente, las melazas eran enfriadas y trasvasadas a las "formas" de barro y acomodadas en tinglados de madera y trasladadas de la casa de calderas al purgar, para que se solidificara el contenido de estos moldes y se formara el "pan de azúcar". Posteriormente se desmoldaban los envases de arcilla y se sacaban las piezas de azúcar al asoleadero (cada pan de azúcar llegaba a pesar hasta 11.5 kg) para que perdieran toda humedad y poder posteriormente envasar el azúcar.

A finales del siglo XIX, la aparición y disponibilidad de los motores a vapor, maquinaria industrial y ferrocarril, vino a sustituir el trabajo manual que animales, trapicheros, peones y maestros azucareros realizaban en el acarreo, manipulación, molienda, cocción, purgado y blanqueado del azúcar, así por ejemplo, la presencia de grúas cañeras y ferrocarriles de vía angosta facilitaron la carga, traslado y descarga de la caña de azúcar desde los campos hasta el ingenio; ya dentro de las instalaciones de la hacienda, el uso de grúas, bandas transportadoras, molinos y demás maquinaria impulsada por vapor, electricidad y posteriormente petróleo, vino a sustituir el trabajo manual en la casa del molino.

Una vez extraído el jugo de la caña de azúcar, éste era concentrado en una serie de máquinas que ya no dependían de la supervisión directa de las personas, como lo fueron las calderas a vapor, los tachos al vacío y las centrifugadoras, lo que reducía tiempos de elaboración y un incremento en la cantidad y calidad de azúcar, la cual ahora era posible de fabricar en forma de grano (como la conocemos hoy en día).

b) Recursos empleados:

Las fuentes de energía empleadas desde el siglo XVI hasta finales del XIX, como la fuerza animal, hidráulica (movimiento y caída de agua) y la combustión de biomasa (material orgánico, como bagazo, carbón o leña), fueron las formas en que se impulsaron molinos y engranes y se alimentaron calderas que calentaban los jugos de la caña de azúcar, no obstante, esto requirió de muchos trabajadores, de elementos de infraestructura propia, como corrales y abrevaderos para animales, acueductos, rodeznos y canales para el movimiento del agua, y mucha madera, carbón y chimeneas para realizar cada una de las etapas de elaboración de azúcar de una manera lenta, azarosa e imprecisa, haciendo que, se invirtieran muchos recursos (tiempo, trabajadores, dinero, materia prima) y se obtuviera poco azúcar o de mala calidad.

c) Tipo de azúcar obtenido.

El tipo de azúcar que consumimos hoy en día ha variado notablemente a lo largo del tiempo, y mucho ha tenido que ver con la refinación del proceso de elaboración, la tecnología disponible y las fuentes de energía empleadas. En un principio, el azúcar elaborado en la Nueva España era un azúcar "sólido" en forma de cono o "pan de azúcar", el cual no era totalmente blanco, sino con tonalidades amarillas, el cual se clasificaba de acuerdo con su pureza, Beatriz Scharrer menciona que "el azúcar blanco era el que con mayor dificultad se producía, por lo mismo, era más costoso y su demanda en el mercado estaba

restringida a la clase alta. El azúcar que mayor demanda tenía era la entreverada corriente y la prieta; estos tipos provenían de diferentes partes del pan. La entreverada era la del centro y la prieta la de la punta, durante el purgado estas partes no lograban blanquearse tanto como la base del pan que estaba en contacto directo con el barro" [8].

Mientras que el azúcar que hoy día conocemos, blanca y granulada, es un tipo de azúcar, que se puede llamar del "siglo XX", en donde gracias al uso de la química alimentaria y moderna tecnología como los tachos al vacío, las centrífugas, cristalizadoras, los granuladores, las tolvas y principalmente, el empleo de energía eléctrica y petróleo, permiten obtener un azúcar más pura (blanca), en mayor volumen y con un menor empleo de tiempo y de recursos (energéticos y humanos).

Por ejemplo, el empleo de tachos al vacío que son calderas cerradas que trabajan con vacío y calor generado por vapor a presión, que permite calentar el jarabe producto de los primeros cocimientos del jugo de la caña de azúcar, para así obtener una "masa dura", señal de cristalización [9], permitió la sustitución del fuego directo (lo cual representaba un constante peligro en las antiguas casas de calderas) por el empleo de vapor, agilizando los tiempos de cocimiento y teniendo mayor control de la intensidad calórica.

Por otra parte, la paulatina integración de la química alimentaria en las primeras décadas del siglo XX a los procesos de manufactura de azúcar ayudó a evitar desperdicios, incrementar los niveles de obtención de sacarosa de los jugos de la caña de azúcar, y especialmente, lograr productos más puros y blancos; Horacio Crespo y Sergio Reyes sostienen que "la cuestión de la química azucarera recibió gran impulso a partir de mediados del siglo pasado, como se evidencia a través de la gran cantidad de patentes en diverso países europeos respecto a procedimientos y materiales a utilizar. Un tema particularmente atendido fue el de la decoloración del azúcar, para lo cual se usaron distintos carbones [...]" [3].

De manera general se puede establecer que, el proceso de elaboración de azúcar ha permanecido igual desde el siglo XVI, ya que sigue siendo necesario prensar la caña de azúcar para extraer su jugo, sigue siendo necesario calentarlo para concentrarlo, y sigue siendo necesario separar las impurezas de las melazas para formar el azúcar, simplemente que ahora se hace a través de procesos mecanizados y con otras fuerzas motrices, en fábricas (Fig. 5) y ya no en trapiches y haciendas como en el pasado. Así que ahora ya sabes cómo se hacía y hace el azúcar que consumes en casa.

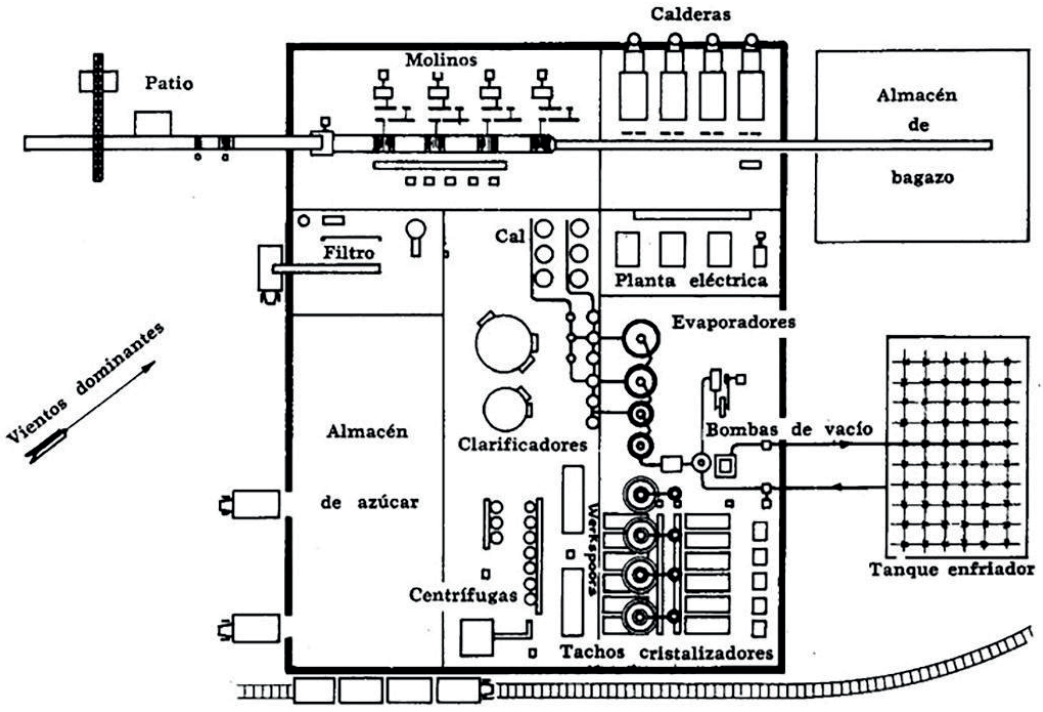


Figura 5.- Distribución espacial de una fábrica azucarera contemporánea. Fuente: Tomado de Hugot H.E, 1984, p.779.



Fotografía tomada de Pexels

Referencias bibliográficas

1 *Sánchez Díaz, G. Los cultivos tropicales en Michoacán. Época colonial y siglo XIX. 1ª edición. Morelia, Mich.: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2008. ISBN:978-607-424-032-0.*

2 *Mintz, S. Dulzura y Poder. El lugar del azúcar en la historia moderna. México D.F.: Siglo Veintiuno editores; 1996. ISBN: 968-23-2008-9.*

3 *Crespo Gaggiotti H. y Reyes Retana S. Historia del azúcar en México. México D.F.: Fondo de Cultura Económica; 1998. ISBN: 968-16-2986-8.*

4 *Von Wobeser, G. La hacienda azucarera en la época colonial. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México; 2004. ISBN: 970-32-1294-8.*

5 *Romero E.R.; Digonzellí P.A. y Scandaliaris J. Manual del cañero. 1ª edición. Las Talitas, Tucumán: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres; 2009. [Internet] https://agrodigital.produccion tucuman.gob.ar/uploads/documentos/manual_caniero_EEAOC.pdf ISBN: 978-987-21283-7-1.*

6 *Duval S. Los primeros ingenios azucareros en América. En González Marrero M. del C. y Onrubia Pintado J. (edits.), Instalaciones y paisajes azucareros atlánticos (siglos XV-XVII). Arqueología y patrimonio. Summertown: Archaeopress, Oxford; 2023. pp.121-138. ISBN: 978-1-80327-684-7.*

7 *Ruiz de Velasco F. Historia y evoluciones del cultivo de la caña y de la industria azucarera en México, hasta el año de 1910. México D.F: Editorial CVLTURA; 1937. ISBN: 9786077773306.*

8 *Scharrer Tamm B. Azúcar y trabajo: tecnología de los siglos XVII y XVIII en el actual Estado de Morelos. 1ª edición. México D.F.: Editorial CIESAS; 1997. ISBN: 968-842-624-5.*

9 *Tortolero Villaseñor, A. De la coa a la máquina de vapor. Actividad agrícola e innovación tecnológica en las haciendas mexicanas: 1880-1914. México D.F.: Siglo Veintiuno editores; 1996. ISBN: 968-23-1956-0.*

10 *Hugot H.E. Manual para el ingeniero azucarero. México D.F.: Compañía Editorial Continental;1984. ISBN: 978-2852063839.*

11 *Diderot D. y Le Rond d´Alembert J. Enciclopedia razonado de las ciencias, las artes y los oficios. Paris, Francia. Inter Livres; 1778.*

12

EN MÉXICO, ¿ES LEGAL EL MATRIMONIO INFANTIL?

Erandi Guadalupe Bernal Trejo

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Contacto: erandi.bernal@umich.mx

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

En México, ¿Es legal el matrimonio infantil?

Resumen

El matrimonio infantil representa uno de los grandes problemas sociales del siglo XXI. Múltiples esfuerzos se han realizado para lograr su erradicación; sin embargo, este acto continúa siendo una práctica extendida en diversas regiones de México aun cuando ya no tiene fundamento en la actual legislación. Estas uniones afectan a miles de niños, niñas y adolescentes; no obstante, es el género femenino quien enfrenta una mayor vulnerabilidad, ya que, en múltiples partes del mundo persisten creencias que normalizan el matrimonio infantil, una situación que impacta en el bienestar, desarrollo integral y calidad de vida de la niñez.

Palabras clave: Matrimonio infantil, ley, México.

Para comprender el término de matrimonio infantil es necesario señalar el postulado que se establece en la parte introductoria de la Convención sobre los Derechos del Niño [1], el cual refiere que los niños son aquellos seres humanos menores de dieciocho años.

Bajo este fundamento, el matrimonio infantil se conceptualiza como la unión legal o informal entre dos menores de 18 años o bien, entre un menor y un adulto [2]. No se omite señalar que en múltiples casos, el matrimonio infantil es un acto no acordado entre las partes contrayentes, dado que, las personas partícipes no tienen la oportunidad de expresar su consentimiento.



Figura 1. Imagen de carácter ilustrativo que refleja resignación, vulnerabilidad y subordinación infantil.
Imagen de [pikisuperstar] en Freepik
(https://www.freepik.es/foto-gratis/retrato-nina-tiro-medio-siendo-abusada_39427140.htm)

Infancias robadas, cifras que no mienten

En muchas regiones del planeta, la infancia de niñas y adolescentes se desvanece antes de tiempo, marcada por decisiones, responsabilidades y expectativas que transforman por completo su futuro; para 2022 se calculó que, en todo el mundo, 640 millones de mujeres y niñas se casaron antes de cumplir 18 años [3]. Esta cifra no solo es alarmante: es un recordatorio de la magnitud de un problema que sigue afectando a generaciones enteras.

Aunque la mayoría de los matrimonios infantiles ocurren entre los 15 y 17 años, existen registros actuales que muestran casos tan extremos que resultan difíciles de imaginar: niños que, con apenas 5 años, ya se enfrentan a un matrimonio [3]; conviene señalar que, se trata de casos poco habituales, en virtud de que, la gran mayoría de matrimonios infantiles se presentan en la adolescencia.

Asia, África y América Latina, epicentros de un problema que persistirá por años

El matrimonio infantil no es un fenómeno aislado, sino una realidad persistente que se concentra con especial intensidad en Asia Meridional, región que alberga a casi la mitad de las niñas casadas en el mundo (45%), y al ritmo actual se necesitarían alrededor de 55 años para erradicar esta práctica [4]. La situación es aún más crítica en África subsahariana, que alberga el 20% de la población mundial de niñas casadas y donde, sin cambios profundos, podrían pasar más de 200 años antes de ponerle fin [4].

Lejos de ser un problema distante, América Latina y el Caribe también enfrentan una amenaza creciente, ya que existen alrededor de 58 millones de niñas casadas, y las proyecciones advierten que esta cifra podría aumentar para el año 2030, colocando a la región como la segunda con mayor tasa de matrimonios infantiles en el mundo [4].



Figura 2. Imagen de carácter ilustrativo que muestra a una niña aferrada a un elemento propio de su niñez, en un entorno que evoca miedo y vulnerabilidad. Imagen de Freepik (https://www.freepik.es/foto-gratis/imagen-no-explicita-maltrato-infantil_94965142.htm)

El Matrimonio infantil en México, regiones y prácticas tradicionales

En México, para miles de niñas la infancia no termina con un juego, sino con el matrimonio. A nivel nacional, para 2022 se estimó que la quinta parte de las mujeres se habían unido o habían vivido en pareja antes de cumplir 18 años; es decir, siendo todavía niñas o adolescentes [5]. Esta realidad forma parte de una costumbre que persiste y se ha normalizado en distintos lugares del país.

En múltiples comunidades indígenas, el matrimonio es una práctica consuetudinaria profundamente arraigada, en donde los usos y costumbres establecen edades mínimas que evidencian una marcada desigualdad de género: mientras las niñas pueden ser entregadas en matrimonio desde los 10 años, los niños lo hacen varios años después, entre los 14 y 16 años [5].

Esta problemática tiene un rostro territorial. Estados como Guerrero, Tabasco, Chiapas y Michoacán concentran la mayor incidencia de matrimonios infantiles en el país [5].

Así, el matrimonio infantil en México se configura como una intersección entre tradición, desigualdad y falta de protección de los derechos de la niñez, donde miles de niñas, niños y adolescentes ven interrumpida su infancia sin haber tenido la oportunidad de expresar sus deseos y decisiones.

Cuando la tradición se convierte en negocio

En las siguientes líneas se comparte el caso de la comunidad triqui, a través del cual se muestra cómo el matrimonio infantil y la venta de niñas en México va más allá de lo que reflejan las estadísticas. Este ejemplo evidencia cómo, en ciertas comunidades, la tradición y la economía familiar se imponen sobre los derechos más fundamentales de la niñez.

En la comunidad triqui, la venta de las niñas y adolescentes se da entre los once o doce años y el precio que se paga es de 10, 15, 20 y hasta 30 mil pesos, más una cena para toda la familia acompañada de una buena borrachera [6]. En agosto de 2013, se documentó un caso de una niña triqui de 14 años que se escapó de sus padres al enterarse de que sería vendida por 40 mil pesos; aunque parezca inverosímil, cuando se presentan este tipo de situaciones, las menores son perseguidas por su propia comunidad [7].

A la fecha, el matrimonio infantil en México continúa siendo una práctica fuertemente

arraigada que se observa con mayor frecuencia en comunidades indígenas y zonas rurales, donde las dinámicas sociales se rigen por usos y costumbres [8].

Entonces, ¿Es legal el matrimonio infantil en México?

Después de analizar aspectos importantes acerca del matrimonio infantil y exponer el caso de la comunidad triqui, surge una pregunta inevitable que atraviesa todo el debate: ¿es legal el matrimonio infantil en México? Hasta antes del 3 de junio de 2019, el matrimonio infantil era legal en México; es decir, los menores de 18 años podían casarse, dado que la legislación civil en su numeral 148 establecía lo siguiente: "Para contraer matrimonio el hombre necesita haber cumplido dieciséis años y la mujer catorce [...]" [9]. Evidentemente, este precepto jurídico abría las puertas al matrimonio infantil y además, colocaba en un escenario de vulnerabilidad y desigualdad a las niñas y adolescentes.

No obstante, la lucha por erradicar el matrimonio infantil continuó y fue hasta el 3 de junio de 2019 que se reforma el Código Civil Federal con el propósito de prohibir por primera vez el matrimonio infantil en México. A partir de esa reforma, el artículo 148 de la citada legislación quedó de la siguiente manera: "Para contraer matrimonio es necesario haber cumplido dieciocho años de edad" [10]. Indudablemente, esta reforma sentó las bases para que el matrimonio infantil fuese considerado ilegal.



Figura 3. Imagen de carácter ilustrativo que expresa un intento de la niña por aferrarse a lo que aún le pertenece: su infancia. Imagen de Freepik (https://www.freepik.es/foto-gratis/close-up-joven-sosteniendo-anillo-bodas_8364849.htm)

Sin embargo, aunque en la actualidad el matrimonio infantil es ilegal, su completa y real erradicación no será una labor fácil, dado que los usos y costumbres son casi impermeables a los cambios legislativos; aspecto que coloca en la insuficiencia judicial, el hecho de que exista una legislación que prohíba el matrimonio infantil en cualquier parte del país.

Desde el ámbito gubernamental se han impulsado acciones relevantes, destacando la implementación de la Estrategia Nacional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes (ENAPEA); a través de la cual, se logró reducir la tasa específica de fecundidad en adolescentes y niñas [11].

Si bien dentro de las acciones de la ENAPEA se contempló el impulso de estrategias orientadas a la eliminación de los matrimonios forzados y las uniones tempranas, en la práctica la reducción de la tasa específica de fecundidad en adolescentes pareció responder a factores coyunturales asociados con las medidas sanitarias implementadas durante la pandemia de la COVID-19 (confinamiento y suspensión de clases presenciales para niñas, niños y adolescentes), así como a la creación de líneas de acción orientadas al fortalecimiento de la educación integral en sexualidad [11].

Este tipo de estrategias ponen de manifiesto la importancia de complementar las políticas públicas con acciones educativas que actúen como un medio de emancipación, capaz de empoderar a las niñas, niños y adolescentes para que tomen decisiones basadas en el conocimiento, la reflexión crítica y la razón, ya que investigaciones académicas demuestran que el matrimonio infantil muestra una clara tendencia a la baja conforme aumenta el nivel de escolaridad [12].

No obstante, estos esfuerzos por sí solos no bastan mientras el matrimonio infantil continúe normalizado, ya sea por tradición, estereotipos de género o presiones económicas. Por ello, el trabajo comunitario que permita que las creencias socioculturales evolucionen resulta esencial, puesto que permitirá reconocer y respetar el valor de la infancia.

En consecuencia, solo una sociedad que está dispuesta a transformar sus normas sociales y tradiciones nocivas puede garantizar oportunidades de desarrollo para todas las niñas y niños, evitando perpetuar ciclos sociales que reproduzcan pobreza, carencia educativa y subordinación femenina.

Fotografía tomada de Pexels



Referencias bibliográficas

1 *Organización de las Naciones Unidas. Convención sobre los Derechos del Niño [Internet]. Nueva York: ONU. 20 de noviembre de 1989. [Consultado 20 de Diciembre 2025]. Disponible en: https://www.un.org/es/events/childrenday/pdf/derechos.pdf*

2 *Aguilar Domínguez A. La prohibición del matrimonio infantil, a falta de correspondencia con los derechos humanos y la Constitución. Revista de Derecho Privado, 2018;1(12). Disponible en: https://doi.org/10.22201/iij.24487902e.2017.12.11926*

3 *Fondo de Población de las Naciones Unidas. Preguntas frecuentes sobre el matrimonio infantil [Internet]. UNFPA, febrero de 2022 [Consultado 20 Diciembre 2025]. Disponible en: https://www.unfpa.org/es/resources/preguntas-frecuentes-sobre-el-matrimonio-infantil*

4 *Organización de las Naciones Unidas. América Latina tendrá el segundo nivel regional más alto de matrimonio infantil en 2030 [Internet]. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas, 3 de mayo de 2023 [Consultado 3 Enero 2026]. Disponible en: https://news.un.org/es/story/2023/05/1520597*

5 *Consejo Nacional de Población, Secretaría de Gobernación. Niñez interrumpida: Matrimonio infantil y adolescente en México. México: CONAPO - SEGOB; 2023. [Internet]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/821703/Niniez_completo_Final_WEB.pdf*

6 *Rosagel S. Nacen para ser esclavas, venta de niñas triqui [Internet]. México: Shaila Rosagel (blog), 22 de mayo de 2009 [Consultado 6 Enero 2026]. Disponible en: https://shailarosagel.wordpress.com/2009/05/22/nacen-para-ser-esclavas-venta-de-ninas-triqui*

7 *Zamora Márquez A. Niñas criminalizadas por rechazar matrimonios forzados [Internet]. México: Cimac Noticias, 14 de marzo de 2014 [Consultado 6 Enero 2026]. Disponible en: https://cimacnoticias.com.mx/2014/03/14/ninas-criminalizadas-por-rechazar-matrimonios-forzados*

8 *Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado. Los matrimonios infantiles en las comunidades indígenas de México [Internet]. México: ISSSTE, 04 de diciembre de 2013 [Consultado 3 Mayo 2026]. Disponible en: https://www.gob.mx/issste/es/articulos/los-matrimonios-infantiles-en-las-comunidades-indigenas-de-mexico*

9 *Código Civil Federal [Internet]. Reformado el 28 de enero de 2010, Art. 148. México: Diario Oficial de la Federación. 26 de mayo, 14 de julio, 3 y 31 agosto de 1928. [Consultado 6 Enero 2026]. Disponible en: https://www.oas.org/dil/esp/C%C3%B3digo%20Civil%20Federal%20Mexico.pdf*

10 *Código Civil Federal [Internet]. Reformado el 14 de noviembre de 2025, Artículo 148. México: Diario Oficial de la Federación. 26 de mayo, 14 de julio, 3 y 31 de agosto de 1928. [Consultado 6 Enero 2026]. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/ccf.htm*

11 *Consejo Nacional de Población. Estrategia Nacional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes (ENAPEA): Informe 2024 [Internet]. México: CONAPO; 2025 [Consultado 4 Mayo 2026]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/969596/Informe_ENAPEA2024.pdf*

12 *Fondo de Población de las Naciones Unidas. Acercamiento a los matrimonios y uniones infantiles, tempranas y/o forzadas (MUITF) en México: los casos de Chiapas, Guerrero y Oaxaca. Encuadre estadístico y perspectiva antropológica. México: UNFPA; 2024. [Internet]. Disponible en: https://mexico.unfpa.org/es/publications/acercamiento-los-matrimonios-y-uniones-infantiles-tempranas-yo-forzadas-muitf-en*

13

SUPERPODER VISCOSO: LA ASOMBROSA CAPACIDAD DE REGENERACIÓN DE LAS BABOSAS DE JARDÍN

Sergio Cornelio Martínez[1], Aldo Torres Barrera[2], Alfredo Varela Echavarría[1]*

[1]Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Querétaro.
[2]Escuela de Nacional de Estudios Superiores, Unidad Juriquilla, UNAM, Querétaro.

***Contacto: avarela@unam.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Superpoder viscoso: la asombrosa capacidad de regeneración de las babosas de jardín

Resumen

Las babosas o limacos del jardín tienen una impresionante capacidad para regenerar partes de su cuerpo que han sido perdidas o dañadas. Esto ya lo sabían los naturalistas del siglo XVIII y, sin embargo, aún se entiende muy poco de cómo ocurre. Nuestro grupo de investigación llevó algunos limacos del jardín al laboratorio y estudiamos la regeneración de su sistema nervioso y otras partes del cuerpo. Esto ha revelado cosas fascinantes que esperamos nos ayuden a entender por qué en especies como el humano la regeneración es muy limitada.

Palabras clave: babosa, limaco, regeneración, genoma, *Deroceras laeve*

En el viejo oficio de la jardinería, se sabe por experiencia que la técnica no trata únicamente del cuidado de las plantas, pues su supervivencia depende del equilibrio que hay entre todos los seres que habitan el jardín. Por eso el jardín es un proyecto continuo y dinámico: las plantas enraízan y crecen, los animales y microorganismos se multiplican y también desde fuera pueden llegar nuevos moradores que van reordenando el equilibrio existente.

De esto último hemos sido espectadores y partícipes. Hace algunos meses, cuando hubo la necesidad de cambiar la tierra a las macetas de un huerto improvisado en uno de nuestros jardines, -al cabo de un mes de estarlo regando diligentemente con su nuevo sustrato -, descubrimos unos intrusos entre la nueva tierra del huerto: dos diminutos tentáculos emergieron del lodo, como olfateando cada uno hacia distintas direcciones. Poco después, había tentáculos por todas partes.

¡Eran montones de babosas!



Figura 1. Babosa *Deroceras laeve* habitando el jardín. Las babosas o limacos *D. laeve* viven en zonas con mucha humedad y vegetación, es por esto que invaden nuestros jardines. Imagen: Alfredo Varela Echavarría.

Dedujimos que las babosas habían llegado con los costales de tierra adquiridos semanas atrás o en macetas con plantas importadas al jardín. Pequeñas y translúcidas, subiendo las ramas, colgándose de las hojas de sábila, dejando tras de sí su rastro de baba, terminaron siendo un elemento activo del ecosistema que había en el patio de la casa. Las babosas, que también se les conoce como limacos, son animales detritívoros, lo que quiere decir que parte de su alimentación es la materia orgánica en descomposición del jardín, aunque también gustan de comer plantas vivas, animales pequeños e incluso algunas optan por el canibalismo. Estas pequeñas babosas tienen una conducta mucho más sofisticada que lo que comúnmente se cree: cazan, rastrean su comida y aprenden dónde se localiza en relación con su refugio, se cuelgan de su baba para alcanzar otros sitios, se cortejan entre sí en el apareamiento y algunas incluso tienden a ser territoriales. Pero aquí no se agotan sus talentos: las babosas, al igual que los caracoles terrestres, poseen cuatro tentáculos en su cabeza; dos superiores, en la punta de los cuales se localizan los ojos, y dos inferiores, que les sirven para olfatear y explorar el suelo tocándolo. Por azares del destino en su entorno natural, las babosas pueden perder un tentáculo o su cola a merced de sus depredadores, pero al cabo de un mes los habrán regenerado por completo, listos para volver a usarse. Este es su superpoder y la razón por la cual estos animalitos nos interesan tanto a los y las científicas [1].

De nuestro huerto y de otros jardines recolectamos algunas babosas con el fin de estudiarlas en más detalle. Las pusimos con cuidado en cajas de plástico con algodón húmedo y comida y las trasladamos a nuestro laboratorio en el Instituto de Neurobiología de la UNAM, en Querétaro. Allí contamos ahora con una granja de babosas de tres especies distintas originarias de Europa e invasoras en nuestros parques y jardines: la de pantano Deroceras laeve, la gris Deroceras reticulatum y la de tres bandas Ambigolimax valentianus. Las tres son terrestres, rasgo no trivial, pues también las hay marinas o de agua dulce. Ellas nos ayudan a entender uno de los misterios más intrigantes de la biología, la regeneración. Este es un proceso complejo que permite la restauración completa de tejidos u órganos dañados o perdidos a través de la participación de las células troncales, coloquialmente conocidas como células madre. Una hipótesis reciente establece que esta capacidad regenerativa se perdió con la evolución en los vertebrados, razón por la cual los humanos carecemos de ella [2]. Sin embargo, aún no entendemos por qué hay animales que pueden regenerar partes de su cuerpo y por qué otros perdieron esa capacidad.



Figura 2. La babosa de jardín *Deroceras laeve*. En esta imagen de laboratorio se pueden observar los tentáculos que contienen sus ojos en su parte anterior (a la derecha), el orificio en su costado derecho por el que respiran (neumostoma) y el pie con el que se deslizan adheridos al sustrato. La superficie expuesta de todo el cuerpo hace esencial que habiten entornos muy húmedos. Imagen: Aldo Torres Barrera.

Las babosas son uno de los tipos de animales que aún conservan la capacidad de regenerar muchas partes de su cuerpo, incluido su cerebro. Más precisamente, su sistema nervioso central, que está formado por varios ganglios distribuidos como en un collar de cuentas en un anillo que rodea al esófago a través del cual pasa la comida que ingieren [3, 4]. En el laboratorio observamos que cuando a alguna de nuestras babosas les extraemos una parte de su cerebro, al cabo de un par de meses lo ha vuelto a rehacer hasta ser similar al de un animal sin lesión, lo que analizamos por histología con ayuda de un microscopio. Además, también hemos observado que las funciones perdidas por el daño son recuperadas en cuestión de días.

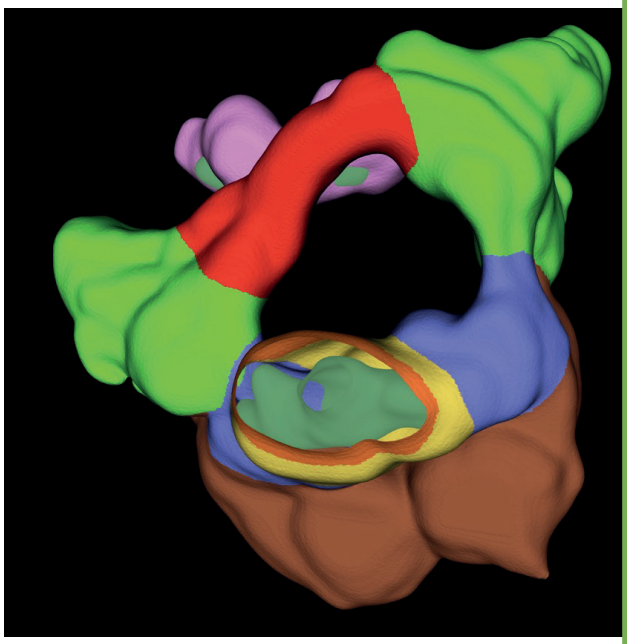


Figura 3. El sistema nervioso central de la babosa *Deroceras laeve*. Se muestra el anillo formado por ganglios nerviosos en diferentes colores de acuerdo con este código: Verde, cerebral; Violeta, pleural; amarillo, parietal; naranja, visceral; marrón, pedal; rosa, bucal y rojo, comisura cerebral. Por el orificio formado por el anillo pasa el esófago de la babosa. Imagen obtenida de SlugAtlas [4].

¿Cómo logran esto sin perecer en el intento?

He aquí el misterio y uno de los objetivos de nuestras investigaciones, aunque la intriga no acaba aquí. En otro de los experimentos que realizamos con nuestras babosas de laboratorio, nos dimos a la tarea de averiguar qué les sucedía, interna y externamente, en condiciones de escasez de comida. Seleccionamos un grupo de babosas y las dejamos en ayuno durante dos meses. En ese tiempo, mediante histología y microscopía observamos cómo, de manera sorprendente, las babosas disminuían poco a poco su tamaño y órganos internos hasta llegar aproximadamente a un tercio de su talla original [3]. Sin embargo, una vez que les volvimos a dar su comida, recuperaron su tamaño rápidamente en cuestión de pocas semanas y restauraron sus órganos, ¡como si nada hubiera pasado!, tal y como ocurre en otras especies de animales con altas capacidades regenerativas [5].

Entonces pensamos que así es como las babosas que encontramos en nuestro jardín lograron sobrevivir en los costales de tierra o en las macetas que se almacenaron por semanas. Esto nos da una idea de sus notables capacidades adaptativas y es así como también creemos que se han transportado por todo el mundo desde su lugar de origen en Europa [3].



Figura 4. Las babosas *Deroceras laeve* regeneran su cerebro. La imagen muestra un individuo a los 15 días después de una lesión en su cerebro, la cual muestra un comportamiento aparentemente normal. Imagen: Aldo Torres Barrera.

Para entender en más detalle cómo se controla la regeneración, estudiamos los genes que se activan después de una amputación. Cada célula del animal cuenta con una colección de miles de genes en su núcleo que se puede considerar como un "libro de instrucciones" para todas sus funciones vitales. Diferentes combinaciones de genes son activos en cada tipo celular del animal lo que les permite especializarse y tener funciones diferentes como células epiteliales, musculares o neuronales.

Cuando analizamos la cola del animal después de amputarle un pequeño fragmento, observamos la expresión de genes que normalmente participan en el desarrollo embrionario y que permiten a las células comunicarse con otras. También identificamos genes que se apagan en la zona de lesión que probablemente corresponden a funciones no necesarias para la restauración de los tejidos perdidos. Esto es solo el principio de un gran programa de investigación que nos permitirá estudiar cómo se regula la regeneración en las babosas y comparar con lo que pasa en humanos, con la finalidad de comprender por qué en nosotros es muy limitada y quizás también en un futuro, controlarla.

La realidad es que todavía queda mucho que descubrir. Y quién sabe… quizás algún día esas lodosas minibestias nos revelen todos sus secretos. Ellas, maestras del cambio lento, del devenir con ritmo pausado, de la continua renovación de la vida, nos recuerdan algunos versos de José Emilio Pacheco que lo puntualizan atinadamente:



Imagen generada por inteligencia artificial.

[...]
En su moroso edén de baba
proclama
que andar por este mundo
significa
ir dejando
pedazos de uno mismo
en el viaje.





Referencias bibliográficas

1 *Limaco SlugScience [Internet]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2024 [citado en Mayo 6, 2026]. Disponible en: https://limaco.lavis.unam.mx/*

2 *Elchaninov AV, Sukhikh GT, Fatkhudinov TK. Evolution of regeneration in animals: a tangled story. Frontiers in Ecology and Evolution, 2021, 9:621686. Disponible en: doi:10.3389/fevo.2021.621686*

3 *Lozano-Flores C, Trujillo-Barrientos J, Brito-Domínguez DA, Téllez-Chávez E, Cortés-Encarnación R, Medina-Durazno LD, et al. SlugAtlas, a histological and 3D online resource of the land slugs Deroceras laeve and Ambigolimax valentianus. PLoS One, 2024, 19(10):e0312407. Disponible en: doi:10.1371/journal.pone.0312407*

4 *SlugAtlas, Atlas histológico y anatómico de las babosas terrestres Deroceras laeve y Ambigolimax valentianus [Internet]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2024 [citado en Mayo 6, 2026]. Disponible en: https://slugatlas.lavis.unam.mx/*

5 *Pascual-Carreras E, Garschall K. Prolonged starvation deepens quiescence in Vasa2/Piwi1-expressing cells of a sea anemone. PLoS Biology, 2025, 23:e3003525. Disponible en: doi.org/10.1371/journal.pbio.3003525*

14

ESTOY CANSADO JEFE -EL LINFOCITO AGOTADO-

Melisa Lizbeth Carranza Sánchez[1], Carolina García Trejo[2], Antonio Sandoval Cabrera[3]*.

[1]Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México. [2]Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. [3]Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México.

***Contacto: sandoval.mx@gmail.com**

Estoy cansado jefe
-el linfocito agotado-

Resumen

¿Alguna vez te has sentido tan cansado que tu cuerpo simplemente no puede dar más? Algo similar le pasa a nuestro sistema inmune; si tiene demasiado trabajo, se agota. Cuando esto pasa, los invasores que nos rodean, como virus, bacterias y otros microorganismos, pueden tomar ventaja sobre nosotros, dejándonos vulnerables y con mayor riesgo de enfermarnos. Pero ¡no todo está perdido! ¿Qué pasaría si la ciencia encontrara la manera de recargar a nuestras células defensoras? Al adentrarnos en esta lectura descubriremos por qué nuestro sistema inmune se agota y las ideas que están surgiendo para ayudarlas a recuperarse.

Palabras clave

Respuesta inmune, linfocitos, agotamiento inmunológico.

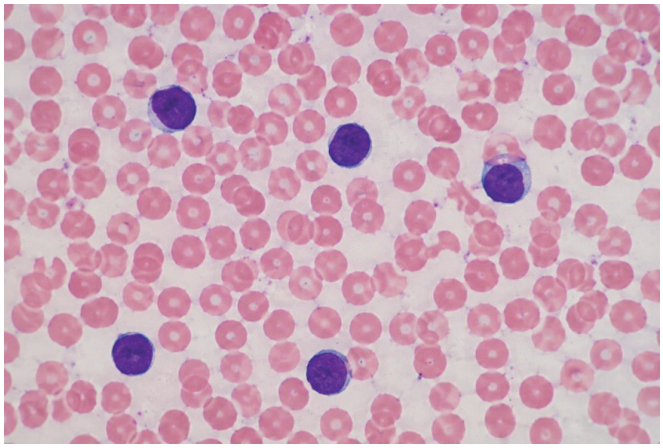
En el ajetreo diario que vivimos nos enfrentamos a intrusos que van desde microorganismos hasta células propias que han cambiado, como las cancerígenas, cuyas amenazas son contenidas por células de nuestro sistema inmune en el afán de protegernos, sirviendo como el equipo de control de calidad que siempre está activo, exigencia continua que eventualmente puede afectar su funcionamiento.

La respuesta inmune es un sistema bien organizado y coordinado que se encarga de reconocer las diferencias entre células sanas, infectadas o cancerígenas. Millones de células componen este sistema, dentro de ellas están las células blancas como los linfocitos que se encargan de vigilar y distinguir lo sano de los daños potenciales, por lo que mantener su estado físico funcional es primordial para la protección del organismo [1].

¿Trabajando duro o durando en el trabajo?

Las células infectadas y las células cancerígenas representan dos distintos tipos de amenaza para el organismo. Una célula es infectada cuando microorganismos como virus o bacterias la atacan y alteran su funcionamiento normal; mientras que las células cancerígenas se originan a partir de células

Imagen generada por chatgpt.



propias que han sufrido alteraciones en su material genético (mutaciones) que causan descontrol en su crecimiento y función [2]. Ambos casos representan un problema para nuestro estado de salud; en consecuencia, la maquinaria del sistema inmunológico comienza a actuar en contra de estas amenazas. En este momento, entra en acción la respuesta de los linfocitos, expertos observadores del control de calidad en la fábrica más compleja, nuestro organismo. A través de la circulación sanguínea y tejidos, como si recorrieran una banda transportadora que atraviesa por todo nuestro cuerpo, los linfocitos T tienen la labor de detectar defectos o indicadores de error de las células dañadas; por lo tanto, las reconocen, separan y eliminan, permitiendo, a su vez, que las células sanas sigan en funciones normales [3].

Una parte de estos defensores, llamados linfocitos B, producen unas moléculas señuelo denominadas anticuerpos, que reconocen las alteraciones que han sufrido las células producto de una infección o bien por la acumulación de mutaciones en las células cancerígenas. Como en toda fábrica organizada, donde existe un registro de calidad, los linfocitos guardan un historial de las fallas ya detectadas, evento conocido como memoria inmunológica, de esta manera cuando el error regresa lo eliminan de inmediato [4].

El verdadero "Estoy cansado jefe"

A veces, en la vida, nos sentimos abrumados por el trabajo, las preocupaciones y enfermedades que simplemente decimos "¡Estoy cansado jefe!".

Esto también ocurre con nuestros linfocitos que cuando no tienen descanso por una carga desbordada de células infectadas o cancerígenas, caen en un estado de agotamiento [5].

Cuando se llega a esta situación, el control de calidad de nuestro organismo se encuentra al límite, y la revisión de células en la banda transportadora comienza a funcionar de manera acelerada acarreando una gran cantidad de células y muchas de ellas presentan un riesgo para nuestra salud.

Poco a poco los linfocitos dejan de revisar y eliminar a los invasores, pierden su habilidad de recordar y no se comunican con otras células del sistema inmune para pedir ayuda [6]. Esto da paso a que trabajen horas extras, siguen dando el 100%, pero de cansancio. Todo este cansancio resulta en el escape de células infectadas o malignas, causando daño, limitando nuestra recuperación y afectando nuestro estado de salud.

Debemos busCAR-T una solución

La remediación de los linfocitos agotados tiene como objetivo la reactivación de estos para que puedan desempeñar sus funciones de manera normal. Las opciones de remediación son diversas, buscando a través de diferentes objetivos el fortalecimiento de los linfocitos.

La tecnología más utilizada es CAR-T (linfocitos T con receptor de antígeno quimérico), la cual funciona como un entrenamiento especial para los linfocitos tipo T. Este entrenamiento comienza obteniendo una muestra sanguínea del paciente, de donde se separan los linfocitos T. Posteriormente, en el laboratorio son modificados genéticamente, añadiendo una herramienta especial llamada CAR que funciona como un escáner de alta precisión que les devuelve la capacidad de eliminar las células dañadas, volviéndolos más precisos. Una vez que regresan al cuerpo, mejoran su radar en la banda transportadora, reconocen rápidamente a las células cancerígenas y las eliminan (Fig. 1) [7].

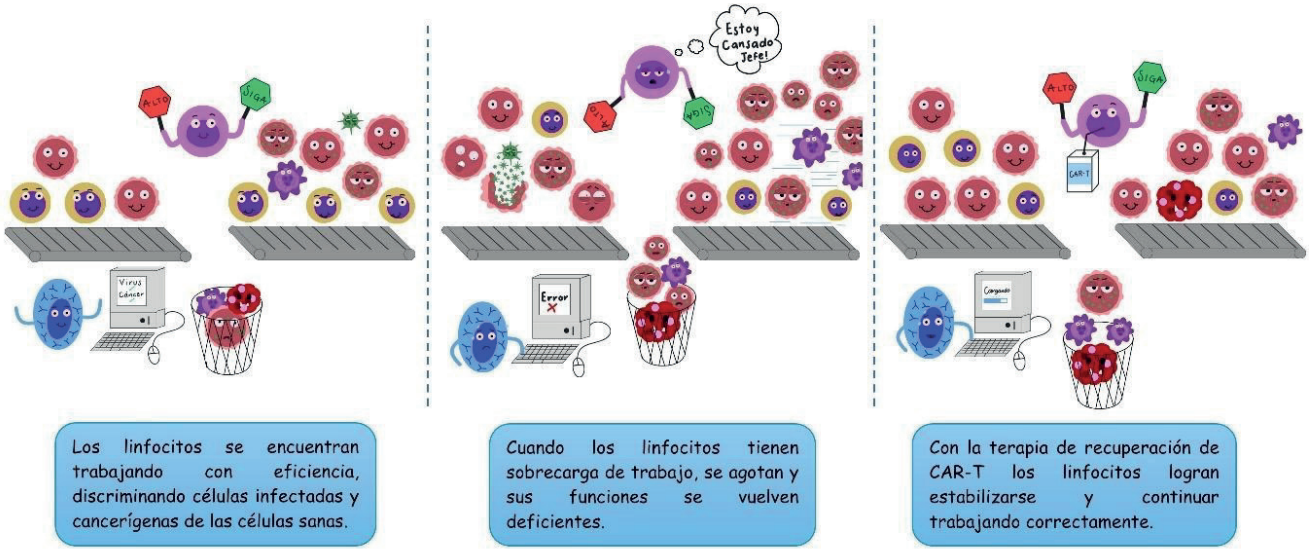


Figura 1. Trabajo, agotamiento y recuperación de linfocitos. Elaboración propia.

Actualmente, esta tecnología tiene disponibilidad limitada y se concentra principalmente en países de altos ingresos. Aunque ha demostrado eficacia en cánceres como leucemia, linfoma y mieloma, puede presentar efectos adversos generalmente manejables dentro de una evaluación adecuada de riesgo-beneficio.

Además de modificar directamente a estas células, existen otras estrategias basadas en la comunicación para que los linfocitos retomen su trabajo con más vigor. Una estrategia consiste en incrementar los mensajes que se envían a través de mensajeros químicos conocidos como interleucinas, los cuales funcionan como un sistema de comunicación entre las células del sistema inmune. Si las instrucciones se corrigen, las células reciben indicaciones claras, se coordinan mejor con otras células y mantienen el control de calidad en la banda transportadora. En este contexto, la interleucina-2 (IL-2) se ha empleado en ensayos clínicos para potenciar la eliminación de melanoma y cáncer renal, mediante el fortalecimiento y activación de linfocitos T [8].

Por otro lado, debido a que algunas células cancerígenas intentan convencer a los linfocitos de que se encuentran cansados, otra estrategia consiste en bloquear estos mensajes. Para lograrlo, actualmente se utilizan fármacos que interfieren con una de las principales señales responsables de este engaño, el ligando cancerígeno PD-L1, una molécula presente en las células cancerígenas que emite una señal falsa de no atacar. Los fármacos bloqueadores de PD-L1 han sido exitosos en pruebas clínicas contra cáncer pulmonar y renal, evitando que los linfocitos reciban la orden de detenerse [9].

De esta manera, ni los linfocitos son inmunes al cansancio. Al igual que una persona, después de jornadas intensas necesita motivación o un respiro para recuperar energías, los linfocitos con su CAR-T todo pagado entran a un programa de vacaciones donde descansan, se optimizan y regresan renovados, listos para seguir cuidando al cuerpo con toda su fuerza.

Conclusión

Así los linfocitos, esenciales en la defensa de nuestro organismo, también pueden agotarse. Lejos de ser el final, la ciencia ha abierto nuevas puertas para su recuperación. Entender cómo los linfocitos funcionan, se agotan y se recuperan, abre nuevas oportunidades para el tratamiento efectivo de diversas patologías, especialmente el cáncer.

Referencias bibliográficas

1 *Delves PJ, Roitt IM. The Immune System. New England Journal of Medicine. 2000, 343(1): pp. 37–49. Disponible en: doi:10.1056/NEJM200007063430107*

2 *Hanahan D, Weinberg RA. Hallmarks of Cancer: The Next Generation. Cell. 2011, 144(5): pp. 646–74. Disponible en: doi:10.1016/j.cell.2011.02.013*

3 *Sun L, Su Y, Jiao A, Wang X, Zhang B. T cells in health and disease. Signal Transduct Target Ther. 2023, 8(1): pp. 235. Disponible en: doi:10.1038/s41392-023-01471-y*

4 *Taylor JJ, Pape KA, Jenkins MK. A germinal center–independent pathway generates unswitched memory B cells early in the primary response. Journal of Experimental Medicine. 2012, 209(3): pp. 597–606. Disponible en: doi:10.1084/jem.20111696*

5 *Blank CU, Haining WN, Held W, Hogan PG, Kallies A, Lugli E, et al. Defining 'T cell exhaustion.' Nat Rev Immunol. 2019, 19(11): pp. 665–74. Disponible en: doi:10.1038/s41577-019-0221-9*

6 *McLane LM, Abdel-Hakeem MS, Wherry EJ. CD8 T Cell Exhaustion During Chronic Viral Infection and Cancer. Annu Rev Immunol. 2019, 37(1): pp. 457–95. Disponible en: doi:10.1146/annurev-immunol-041015-055318*

7 *Hernández J, Cortes JD, Turiján E. Inmunoterapia de células CAR T: una nueva alternativa para el cáncer [Internet]. CINVESTAV, 2024 [consultado 2025 Nov 3]. Disponible en: https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/inmunoterapia-de-celulas-car-t-una-nueva-alternativa-para-el-cancer/*

8 *Muhammad S, Fan T, Hai Y, Gao Y, He J. Reigniting hope in cancer treatment: the promise and pitfalls of IL-2 and IL-2R targeting strategies. Mol Cancer. 2023, 22(1): pp. 121. Disponible en: doi:10.1186/s12943-023-01826-7*

9 *Hamanishi J, Mandai M, Matsumura N, Abiko K, Baba T, Konishi I. PD-1/PD-L1 blockade in cancer treatment: perspectives and issues. Int J Clin Oncol. 2016, 21(3): pp. 462–73. Disponible en: doi:10.1007/s10147-016-0959-z*

15

DE MICHOACÁN A DUBNÁ: JÓVENES MEXICANOS EN LA CIENCIA INTERNACIONAL. LA COLABORACIÓN ICTI-UMSNH-JINR COMO PUERTA DE ENTRADA A PROYECTOS GLOBALES DE FÍSICA, INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA VIDA

Galileo Cristian Tinoco Santillán*, Antonio Ulises Sáenz Trujillo, Juan Anzurez Marín

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,

Contacto: galileo.tinoco@umich.mx

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

De Michoacán a Dubná: Jóvenes mexicanos en la ciencia internacional La colaboración ICTI-UMSNH-JINR como puerta de entrada a proyectos globales de física, ingeniería y ciencias de la vida

Resumen

La ciencia de frontera, aquella que explora lo desconocido, no siempre ocurre lejos de la vida cotidiana; también puede comenzar en un salón de clases, en un laboratorio universitario o en la curiosidad de un estudiante que se pregunta de qué está hecha la materia. Este artículo presenta la colaboración entre el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), ubicados en Morelia, Mich. y el Joint Institute for Nuclear Research (JINR), ubicado en Dubná, Rusia [1]. La cual se lleva a cabo mediante la interacción mexicana MexNICA; integrada por investigadores y estudiantes que participan en el desarrollo de instrumentación para experimentos de física de partículas. Más que una lista de instituciones, esta colaboración representa una oportunidad para el desarrollo de proyectos científicos internacionales de primer nivel con objetivos claros, tales como construir detectores, analizar señales, programar simulaciones y comprender fenómenos que ocurren cuando núcleos atómicos chocan a gran energía. Derivado de esta colaboración, se genera una gran oportunidad para que estudiantes michoacanos de licenciatura y posgrado puedan participar en programas como INTEREST y START [2,3] que permiten que jóvenes de ciencias exactas, ciencias de la vida, ingenierías y tecnologías de la información se integren, primero de forma remota y después en estancias presenciales, a proyectos supervisados por especialistas del JINR.



Figura 1. Representación pictórica del JINR en Dubná. Un espacio donde laboratorios, aulas e infraestructura científica conviven en una misma ciudad. Fuente: Elaboración propia con ChatGPT I.A.

Una historia que empieza lejos, pero también en Michoacán

Cuando leemos o escuchamos hablar de la física de partículas, pensamos en túneles enormes, imanes gigantes y laboratorios inaccesibles ocultos en túneles subterráneos en lugares distantes, y, sin embargo, detrás de cada detector hay preguntas profundamente humanas: ¿de qué está hecho el universo?, ¿cómo se comporta la materia en condiciones extremas?, ¿qué tecnologías se necesitan para observar lo que no se puede ver a simple vista? desde Michoacán, estas preguntas han encontrado una ruta concreta hacia uno de los centros científicos más importantes del mundo, el JINR.

En 2017 se fundó la colaboración MexNICA, una iniciativa que reúne a diversas instituciones mexicanas con el fin de participar en el complejo NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility) [4]. Este centro de investigación, ubicado en el JINR, es una instalación de vanguardia internacional que utiliza aceleradores para colisionar iones (átomos o moléculas que han ganado o perdido electrones) [5] y estudiar las propiedades de la materia. La UMSNH se incorporó a esta iniciativa en 2022, contribuyendo con capacidades en electrónica, instrumentación, control, simulación, así como a la formación de estudiantes. En términos sencillos, México y en particular Michoacán no sólo observa estos experimentos desde fuera, también ayuda a diseñar piezas, sistemas y métodos que permiten que esta ciencia funcione.

Dubná, una ciudad construida para la ciencia

Dubná se localiza al norte de Moscú, a orillas del río Volga. Su historia está ligada al nacimiento del JINR en 1956 [1]. A diferencia de otras ciudades que crecieron alrededor del comercio o la industria tradicional, Dubná se desarrolló alrededor de laboratorios, centros educativos y comunidades de investigadores. Por eso se le conoce como una ciudad de ciencia: en sus calles, la investigación no es una actividad aislada, sino parte de la identidad local.

Este distintivo es significativo para los estudiantes que llegan de otros países. No se trata únicamente de visitar un laboratorio; se trata de convivir con una comunidad internacional que trabaja todos los días en responder preguntas sobre el origen, la estructura y el comportamiento de la materia, de tal forma que es una experiencia que incluye ciencia, cultura, trabajo en equipo y adaptación a un ambiente multidisciplinario internacional.



Figura 2. Fotografía del emblema de la ciudad de Dubná. La ciudad es reconocida por su vínculo histórico con la investigación nuclear y de partículas. Fuente: Elaboración propia.

¿Qué se estudia cuando se hacen chocar partículas?

Un acelerador de partículas puede conceptualizarse como una herramienta capaz de dar velocidad a cosas extremadamente pequeñas, como núcleos atómicos, para hacerlos interactuar entre sí. Cuando esos núcleos chocan, durante una fracción diminuta de tiempo se producen condiciones que no existen en la vida cotidiana, como, temperatura, densidad y estados de la materia parecidos a los que pudieron existir en etapas muy tempranas del universo o en objetos astrofísicos extremos [6].

En el complejo NICA se estudian colisiones de iones pesados. Un ion pesado es un átomo al que se le han retirado sus electrones y cuyo núcleo contiene muchos protones y neutrones [6]. Al colisionarlos, los científicos buscan información sobre cómo se organiza la materia nuclear y qué ocurre cuando su contenido se encuentra en condiciones extremas. La finalidad no es la de separar átomos por curiosidad, sino reconstruir, a partir de las señales producidas, una historia física que ayude a comprender mejor los fenómenos existentes en la naturaleza.

Detectores: los ojos electrónicos de un experimento

En experimentos como estos, las partículas que se producen después de una colisión viven tiempos muy breves y recorren distancias pequeñas, de ahí la necesidad de detectores, sistemas capaces de convertir el paso de una partícula en una señal eléctrica que pueda medirse, almacenarse y analizarse. Un detector cumple una función parecida a una cámara de alta velocidad, pero en lugar de fotografiar personas u objetos, registra señales producidas por partículas invisibles.

El miniBeBe, desarrollado con participación mexicana, puede imaginarse como un vigilante muy rápido, situado cerca del punto donde ocurre la colisión, capaz de detectar de inmediato cuándo se produce un evento importante. Su propósito es ayudar a indicar cuándo ocurrió un evento de interés para que otros sistemas de detección registren la información en el momento adecuado. En física experimental, esa señal inicial se conoce como disparo o *trigger*. En palabras más coloquiales, puede entenderse como el botón de inicio de una medición, si se activa en el instante correcto, se conserva información valiosa y si se activa tardíamente o de forma incorrecta, parte de la historia se pierde.

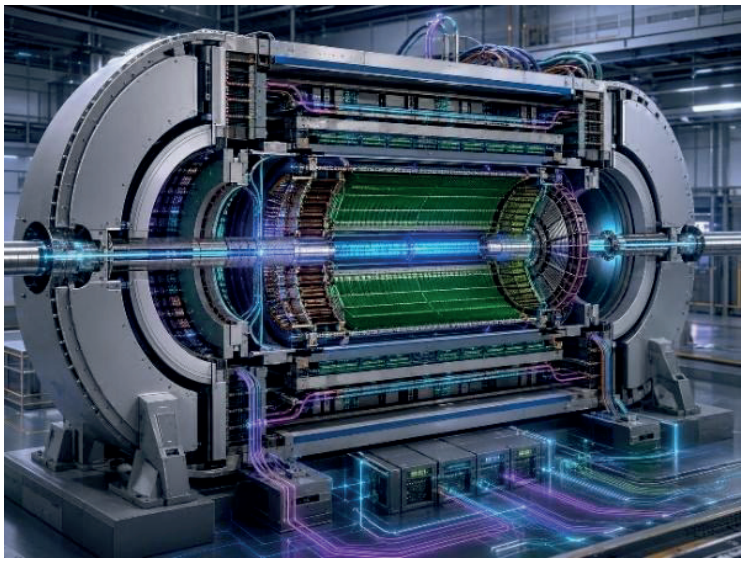


Figura 3. Representación pictórica de un conjunto de detectores. En un detector moderno, la infraestructura mecánica, electrónica y computacional trabaja como un sólo sistema de medición. Fuente: Elaboración propia con ChatGPT I.A.

El reto mexicano: medir señales diminutas con gran precisión

La contribución mexicana busca resolver problemas de ingeniería asociados con el diseño de sistemas de electrónica rápida, controlar voltajes de alimentación en función de la temperatura, analizar señales, simular trayectorias de partículas y construir piezas capaces de operar dentro de un ambiente experimental muy exigente, cada una de esas tareas requiere estudiantes e investigadores de distintas áreas, haciendo relevante el trabajo colectivo multidisciplinario.

En esencia, la física de partículas no es exclusiva de físicos, se necesita de múltiples diciplinas como son electrónica, mecánica, cómputo, ciencia de materiales, control automático, análisis de datos y diseño de sistemas, entre muchas otras. Por ello, estudiantes de licenciatura con formación en ciencias, ingeniería o tecnologías de la información pueden encontrar un lugar dentro de una colaboración internacional como esta, que es una de muchas posibilidades.



Figura 4. Integrantes de la colaboración en instalaciones experimentales del JINR. La investigación actual se construye mediante equipos internacionales. Fuente: Elaboración propia.

Cuando la ciencia conecta territorios: México y Michoacán en NICA

La participación mexicana en NICA tiene un valor que va más allá de la publicación de artículos científicos. Permite formar recursos humanos en tecnologías avanzadas, fortalecer redes académicas y acercar a estudiantes a problemas reales, para Michoacán se abre una puerta concreta, que jóvenes de instituciones superiores puedan imaginar una trayectoria científica internacional.

En términos prácticos, un estudiante que participa en estos programas puede aprender a trabajar con líderes especialistas de diferentes nacionalidades, redactar informes técnicos, desarrollar software, analizar datos experimentales o contribuir a sistemas electrónicos de medición. Esas habilidades son útiles en el diseño de detectores, pero también pueden interactuar en áreas como automatización, energía, salud, telecomunicaciones, semiconductores y desarrollo tecnológico.

INTEREST y START: dos puertas de entrada para estudiantes

El JINR cuenta con dos programas de formación orientados a estudiantes [7,8].

El programa INTEREST es una modalidad remota que permite conocer proyectos del instituto, elegir un tema de investigación y comunicarse con supervisores científicos, esta primera etapa permite un acercamiento directo para quienes desean explorar si una línea de trabajo coincide con sus intereses [2].

El programa START, por su parte, es un programa presencial en Dubná, donde los estudiantes seleccionados trabajan durante varias semanas bajo la supervisión de investigadores del JINR, y conviven con equipos multinacionales que termina con la preparación de un informe final de su estancia. Esta experiencia no solo fortalece el currículum; también permite comprender cómo se organiza una colaboración científica internacional y qué nivel de disciplina, comunicación y creatividad exige la ciencia de frontera [3].



Figura 5. Generación 2024 del programa START. Este evento reúne a jóvenes de distintos países para integrarlos a proyectos reales de investigación. Fuente: Elaboración propia.

Lo que puede cambiar después de una estancia

Para un estudiante, viajar a un laboratorio internacional puede modificar la forma de mirar su propia carrera y vida futura, una tarea que al inicio parece pequeña, como revisar datos, simular un detector o ajustar un circuito, termina conectándose con una pregunta científica mayor. Esa conexión entre lo aprendido en clase y un problema real es una de las experiencias más formativas que puede ofrecer la investigación.

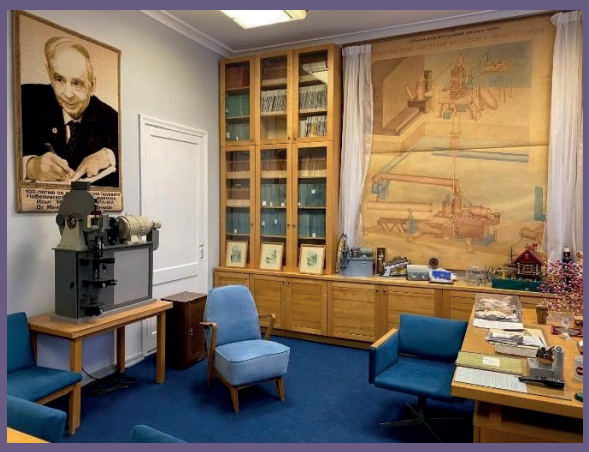


Figura 6. Oficina de Ilyá Mijáilovich Frank, Premio Novel de Física 1958. La visita a instalaciones permite comprender la escala humana y tecnológica de una colaboración internacional. Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

La colaboración ICTI-UMSNH-JINR representa más que un convenio académico, es una ruta para acercar a estudiantes de Michoacán a la ciencia que explora la estructura profunda de la materia y que jóvenes formados en universidades mexicanas pueden contribuir a experimentos internacionales, aprender nuevas tecnologías y regresar con capacidades que fortalecen a su comunidad.

Ahora es la época en la que la ciencia requiere cooperación global y multidisciplinaria, este tipo de experiencias reafirma que la curiosidad también puede ser una forma de desarrollo, preguntarse de qué está hecho el universo puede conducir a construir avances tecnológicos significativos en muchas áreas como la electrónica, la medicina, los materiales, etc.

Referencias bibliográficas

1 *Joint Institute for Nuclear Research. About JINR [Internet]. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research; s. f. [Consultado 13 May 2026]. Disponible en: https://www.jinr.ru/about-en/*

2 *JINR University Centre. INTEREST - International Remote Student Training at JINR [Internet]. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research; s. f. [Consultado 13 May 2026]. Disponible en: https://interest.jinr.ru/*

3 *JINR University Centre. START - STudent Advanced Research Training at JINR [Internet]. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research; s. f. [Consultado 13 May 2026]. Disponible en: https://students.jinr.ru/*

4 *Joint Institute for Nuclear Research. NICA Complex [Internet]. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research; s. f. [Consultado 13 May 2026]. Disponible en: https://nica.jinr.ru/*

5 *Energy Education. Ionization [Internet]. Calgary: University of Calgary; 2018 [Consultado 13 May 2026]. Disponible en: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Ionization*

6 *Nguyen M. Heavy-ion physics. CERN Yellow Reports: School Proceedings, 2020:129-148. Disponible en: https://doi.org/10.23730/CYRSP-2020-005.129*

7 *Joint Institute for Nuclear Research. Education at JINR [Internet]. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research; s. f. [Consultado 13 May 2026]. Disponible en: https://www.jinr.ru/science-en/education/*

8 *Joint Institute for Nuclear Research. Training and internships [Internet]. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research; s. f. [Consultado 13 May 2026]. Disponible en: https://www.jinr.ru/science-en/education/internships/*

16

LA LUZ SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA EN NUESTRA VIDA COTIDIANA

Zaira I. Bedolla Valdez*, Manuel Burelo

División de Materiales Avanzados, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT)

***Contacto: zaira.bedolla@ipicyt.edu.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

La luz solar como fuente de energía en nuestra vida cotidiana

Resumen

La mayoría de las actividades que realizamos de manera cotidiana requieren energía, dicha energía proviene principalmente de combustibles fósiles, por ejemplo, la luz eléctrica de nuestros hogares, la gasolina o diésel que se utiliza en vehículos de transporte o el gas que utilizamos para cocinar y calentar el agua al bañarnos, por mencionar algunos ejemplos. Sabemos que los combustibles fósiles son una fuente de energía que, en un futuro cercano, se va a agotar, por lo que es necesario encontrar e incorporar nuevas fuentes de energía que pueden adaptarse y utilizarse en nuestras actividades cotidianas. En ese sentido, el sol es una fuente de energía inagotable que llega a nuestro planeta en forma de radiación y es posible utilizarla para la generación de energía fotovoltaica o térmica.

Palabras clave: radiación solar, energía fotovoltaica, energía térmica

Para poder comprender en qué consiste la luz solar como fuente de energía, es importante recordar que el sol es una *estrella enana amarilla* que se encuentra en el centro de nuestro Sistema Solar y que su tamaño constituye el 99.8 % de la masa total del Sistema Solar, es decir, en su interior podrían caber 1.3 millones de planetas Tierra. Se estima que el tiempo de vida total del Sol es de 10 mil millones de años, actualmente el Sol se encuentra a la mitad de su vida con 4.6 mil millones de años, por lo que restarían 5 mil millones de años de energía proveniente del Sol. Se estima que la vida en la Tierra dejará de ser viable mucho antes, (en unos 1,000 millones de años) debido al aumento progresivo del brillo solar, que terminará por evaporar los océanos, por ello es muy común escuchar decir que el Sol es una fuente inagotable de energía [1].

La distancia media de la Tierra al Sol es de 149.6 millones de kilómetros, lo que permite que la Tierra esté en una posición en el Sistema Solar donde la energía recibida sea la justa para mantener el agua en estado líquido sin que se vaporice ni se congele permanentemente, proporcionando la luz necesaria para que las plantas realicen la fotosíntesis, regula los ritmos biológicos de animales y humanos (día y noche), calienta la atmósfera y océanos (ciclo del agua) [1].

El Sol está constituido principalmente de hidrógeno (73%) y helio (25%), en su superficie ocurren explosiones constantes que generan una temperatura de hasta 5,500 oC. Esa energía liberada por el Sol en forma de ondas electromagnéticas (Fig. 1), llega al planeta Tierra en forma de radiación. La atmósfera del planeta Tierra filtra gran parte de esa energía, permitiendo que solo ciertas ondas electromagnéticas lleguen a la superficie terrestre, por ejemplo: luz visible, radiación infrarroja y radiación ultravioleta [2].



Figura 1. Espectro de ondas electromagnéticas. Imagen creada con asistencia de IA (ChatGPT)

Para determinar cuánta es la energía proveniente del Sol que llega a la superficie terrestre, esta se mide en W/m2 (vatios de energía recibidos por cada metro cuadrado de superficie) y puede variar dependiendo de la ubicación geográfica, la época del año, el clima y la hora del día. El valor estándar se puede considerar aproximadamente de 1,361 W/m2, este concepto es conocido como irradiancia solar y debe considerarse en la instalación, orientación y diseño de dispositivos para la generación de energía eléctrica (celdas solares) y energía térmica (estufa solar, calentador solar), ya que su eficiencia puede variar incluso durante el día [3].

Aplicaciones de la energía solar en la vida cotidiana

La energía solar puede aprovecharse mediante diferentes dispositivos diseñados para transformar la radiación solar en energía eléctrica o térmica. La selección y funcionamiento de estos dispositivos dependen de factores como la irradiancia solar, el espacio disponible y las necesidades energéticas de cada usuario.

En cuanto a la viabilidad y espacio, es más común la adaptación de paneles solares (constituidos por celdas solares) y calentadores solares en los techos de hogares de zonas urbanas, mientras que las estufas solares suelen instalarse más comúnmente en zonas rurales debido a su diseño robusto. A continuación, se explicará de manera breve en qué consiste el funcionamiento y diseño de un panel solar, un calentador solar y una estufa solar (Fig. 2).



Figura 2. De izquierda a derecha se muestra de manera ilustrativa un calentador solar de agua, panel solar para la generación de energía eléctrica y una estufa solar. Imagen creada con asistencia de IA (ChatGPT)

Estufa solar (energía térmica)

El funcionamiento de una estufa solar se basa en la captación de energía solar transformándola en energía térmica (calor) para cocinar alimentos. Para poder captar la luz solar se emplean materiales como aluminio y espejos en su fabricación, se diseña en forma de parábola para redirigir los rayos solares hacia el área específica donde se coloca el recipiente. Es necesario utilizar un recipiente de color negro mate, ya que el negro absorbe casi todo el espectro de radiación solar (ver Fig. 1). Adicionalmente, se utiliza una tapadera de vidrio para tapar el recipiente y mantener el calor. Una estufa solar puede llegar a alcanzar 200 oC, temperatura suficiente para lograr la cocción adecuada de alimentos. Las dimensiones de una estufa solar parabólica oscilan alrededor de 1 metro de diámetro, también se pueden diseñar en forma de caja (horno solar), cuyas dimensiones son más compactas (50 cm) [4].

Calentador solar (energía térmica)

Un calentador solar almacena agua caliente para poder utilizarla en nuestros hogares, se instalan con la finalidad de reemplazar al *boiler* que utiliza gas. Su diseño consta de un tanque de acero inoxidable que está cubierto con una capa de material aislante (espuma de poliuretano), con la finalidad de conservar el agua caliente. El tanque funciona como depósito a donde llega el suministro de agua fría, proveniente del tinaco. A su vez, el tanque está conectado a unos tubos al vacío o placas que están hechos de capas de borosilicato, en el interior de los tubos se coloca un recubrimiento selectivo que absorbe la radiación ultravioleta (ver Fig. 1) y la convierte en energía térmica. El tanque y los tubos se encuentran conectados mediante tubos de cobre, los que permitirán la circulación de agua caliente de los tubos al tanque y agua fría del tanque a los tubos. Este proceso se lleva a cabo debido a que el agua caliente se vuelve más ligera y asciende de forma natural hacia el tanque (sin necesidad de una bomba), a este proceso se le llama efecto termosifón. El tanque puede almacenar el agua caliente hasta por 72 horas [4].

Panel solar (energía fotovoltaica)

Una celda solar comercial está constituida de Silicio (Si), la cual al captar la luz solar libera electrones, creando una corriente eléctrica continua. Esta corriente se envía a un inversor donde se convertirá a corriente alterna y poder utilizarse en los hogares. El principio de funcionamiento de una celda solar está basado en el efecto fotovoltaico, el cual consiste en la conversión de energía solar a energía eléctrica. De ahí que, a las celdas solares, también se les denomine celdas fotovoltaicas o bien que se haga referencia a la generación de energía fotovoltaica. Un panel solar está constituido por un conjunto de celdas solares, con la finalidad de multiplicar la cantidad de energía solar convertida a energía eléctrica. La eficiencia de los paneles solares puede variar durante el día e incluso de la zona geográfica (irradiancia solar). Es por esto que previo a su instalación, se realizan cálculos y análisis de la cantidad de paneles necesarios para una cantidad de energía fotovoltaica deseada [4].

La energía solar representa una alternativa tecnológica sostenible para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir la emisión de gases contaminantes al ambiente. Entre sus principales ventajas destacan el aprovechamiento de una fuente de energía renovable e inagotable, la reducción de gastos energéticos a largo plazo y el desarrollo de

tecnologías cada vez más eficientes para la generación de energía eléctrica y térmica. Además, su implementación puede favorecer el acceso a energía en comunidades rurales o zonas con acceso limitado a servicios convencionales. Sin embargo, también existen desafíos asociados a su uso, como el costo inicial de instalación, la dependencia de las condiciones climáticas y la necesidad de desarrollar mejores sistemas de almacenamiento energético. Asimismo, la fabricación y desecho de algunos dispositivos solares pueden generar impactos ambientales si no se manejan adecuadamente. Por ello, el avance tecnológico y la implementación responsable de estas tecnologías serán fundamentales para maximizar sus beneficios sociales, económicos y ambientales en el futuro.

Referencias bibliográficas

1 *Carroll BW, Ostlie DA. An introduction to modern astrophysics. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2017.*

2 *Coakley JA Jr, Yang P. Fundamentals of atmospheric radiation: An introduction with illustrative solutions. 1st ed. Weinheim: Wiley-VCH; 2014.*

3 *Myers DR. Solar radiation: Practical modeling for renewable energy applications. Boca Raton: CRC Press; 2013.*

4 *Duffie JA, Beckman WA. Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed. Hoboken: Wiley; 2013.*

17

LA NUBE VS TU SERVIDOR: ¿QUIÉN CONTAMINA MÁS?

Eduardo Josué Magaña Ferrer[1]*, Nicolás García Peñate[1], Mauricio René Reyes Gutiérrez[2]

[1]Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicación del Instituto Tecnológico de Morelia. [2]Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

***Contacto: I19120199@morelia.tecnm.mx**

REVISTA +Tec
Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

La Nube vs Tu Servidor: ¿Quién Contamina Más?

Resumen

Cada vez que enviamos un mensaje, vemos una serie o guardamos un archivo en línea, utilizamos infraestructura digital que consume energía. Este artículo analiza el impacto ambiental de dos modelos de infraestructura tecnológica: los servidores propios instalados dentro de las empresas y los servicios de computación en la nube. A partir del indicador de eficiencia energética conocido como Efectividad en el Uso de Energía (PUE), se explica por qué los grandes centros de datos en la nube suelen operar con mayor eficiencia (valores entre 1.1 y 1.4) que los centros de datos tradicionales empresariales (entre 1.5 y 2.0). Más allá de la tecnología, la decisión entre nube y servidor propio también tiene implicaciones ambientales relevantes para México y el mundo.

Palabras clave: centros de datos, sostenibilidad ambiental, computación en la nube, eficiencia energética, huella de carbono

La huella invisible de lo digital

Ver una serie, subir una foto o enviar un correo parece una acción ligera. No produce humo, no hace ruido, no deja residuos visibles. Sin embargo, detrás de cada acción digital hay servidores funcionando las 24 horas del día.

Un servidor es una computadora especializada que almacena y procesa información. Un centro de datos es la instalación donde se concentran cientos o miles de servidores, utilizados por empresas, gobiernos y proveedores de servicios digitales para dar soporte a aplicaciones, almacenamiento y comunicaciones.

Según la Agencia Internacional de Energía, los centros de datos consumen entre 1% y 1.5% de la electricidad mundial. Aunque la cifra puede parecer pequeña, equivale al consumo energético completo de algunos países. Además, representan aproximadamente el 0.5% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO_2), con proyecciones de crecimiento hacia 2030 [1]. La digitalización no es inmaterial: tiene una huella energética real.

El crecimiento del apetito digital

La expansión de servicios como redes sociales, almacenamiento en la nube, inteligencia artificial y plataformas de streaming ha incrementado la demanda de infraestructura tecnológica.

Este crecimiento implica mayor consumo de electricidad, uso intensivo de agua para sistemas de enfriamiento, construcción de instalaciones de gran escala y generación de residuos electrónicos por actualización constante de equipos.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son responsables de aproximadamente 2% a 3% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, una proporción comparable a la industria de la aviación [2]. Cada avance digital trae beneficios sociales y económicos, pero también nuevos desafíos ambientales.

El problema de los servidores subutilizados

Uno de los factores menos visibles del impacto ambiental es la baja utilización de muchos centros de datos tradicionales.

El Lawrence Berkeley National Laboratory (2022) reportó que varios centros empresariales operan entre 10% y 50% de su capacidad real. Incluso cuando están en reposo, continúan consumiendo entre 30% y 60% de su energía máxima [3].

Es como mantener un automóvil encendido todo el día "por si acaso". Esa energía no solo alimenta los equipos, también genera calor, lo que exige sistemas de enfriamiento adicionales y aumenta el consumo total. Esta ineficiencia es uno de los principales puntos de comparación frente a la nube.

¿Qué es la Efectividad en el Uso de Energía (PUE)?

Para medir la eficiencia energética de un centro de datos se utiliza un indicador llamado Efectividad en el Uso de Energía (PUE). El PUE compara la energía total que consume un centro de datos con la energía que realmente utilizan los servidores para procesar información.

Un PUE de 2.0 significa que, por cada unidad de energía destinada a computación, otra unidad se pierde en sistemas auxiliares como enfriamiento e iluminación. Un PUE cercano a 1.0 indica mayor eficiencia.

Los grandes proveedores de nube como Amazon Web Services, Google Cloud y Microsoft Azure reportan valores entre 1.1 y 1.4 [1], mientras que muchos centros empresariales tradicionales operan entre 1.5 y 2.0.

Innovaciones para reducir el impacto

Algunas empresas han implementado tecnologías para mejorar su eficiencia energética, como sistemas avanzados de enfriamiento, optimización automática de temperatura mediante inteligencia artificial, ubicación estratégica de centros de datos en regiones con climas más fríos y contratos de suministro eléctrico proveniente de energías renovables. En México, por ejemplo, la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2025) y proveedores privados han impulsado proyectos de energía solar y eólica que abastecen a centros de datos [4].

El crecimiento de centros de datos en México se ha concentrado en estados como Querétaro debido a su infraestructura eléctrica y conectividad. Sin embargo, el debate sobre su impacto ambiental comienza a ganar relevancia en el contexto de compromisos internacionales como el Acuerdo de París y las regulaciones nacionales de eficiencia energética impulsadas por la CONUEE (2024) [2].

¿La nube siempre es la mejor opción?

Desde una perspectiva ambiental, para la mayoría de las empresas la nube suele ser más eficiente, sí, pero existen casos particulares donde los servidores propios siguen siendo necesarios. Por ejemplo, cuando se manejan datos altamente sensibles o cuando se requieren tiempos de respuesta extremadamente rápidos.

En estos casos las empresas pueden reducir su impacto mediante mejor aprovechamiento de los servidores, virtualización, actualización de sistemas de enfriamiento y uso de energías renovables. También pueden utilizar modelos híbridos que combinen nube y servidores propios.

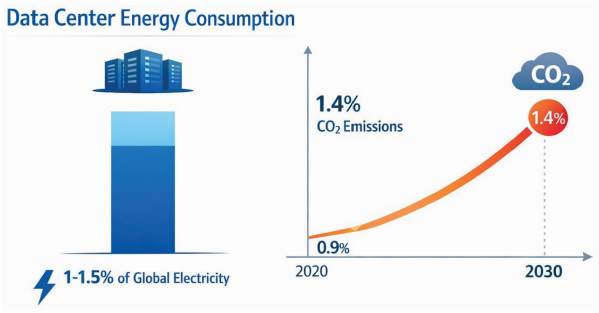


Figura 1. Consumo energético de centros de datos: representan 1-1.5% de la electricidad global y proyección de crecimiento al 1.4% de emisiones CO_2 para 2030. Fuente: Gráfica de elaboración propia con apoyo de IA basada en datos de la Agencia Internacional de Energía.



Figura 2. Comparación de Power Usage Effectiveness (PUE): centros de datos tradicionales (1.5-2.0) versus centros de datos en la nube (1.1-1.4). Fuente: Infografía de elaboración propia con apoyo de IA basada en Lawrence Berkeley National Laboratory.

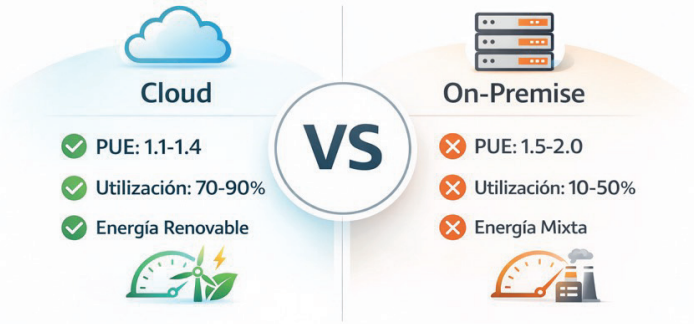


Figura 3. Comparación visual Cloud vs On-Premise: eficiencia energética, utilización de servidores y emisiones de CO_2. Fuente: elaboración propia con apoyo de IA.

Conclusión

La discusión entre nube o servidor propio dejó de ser únicamente técnica o económica; también es ambiental. La nube no es perfecta ni libre de emisiones, pero su eficiencia energética, su capacidad de escalamiento y su adopción de energías renovables la convierten, en muchos casos, en una alternativa más sostenible. Cada acción digital tiene un costo energético. La pregunta ya no es si la tecnología contamina, sino cómo podemos usarla de forma más responsable.

Referencias bibliográficas

1 *International Energy Agency (IEA). (2023). Data Centres and Data Transmission Networks. Recuperado de: https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks*

2 *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2024). Programa Anual de Trabajo 2024. Recuperado de: https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/infomesdeactividades/PAT_2024.pdf*

3 *Lawrence Berkeley National Laboratory. (2024). 2024 United States data center energy usage report. Recuperado de: https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/2024-12/lbnl-2024-united-states-data-center-energy-usage-report_1.pdf*

4 *Atlas Renewable Energy. (2025). Centros de datos impulsados por energía renovable: el futuro digital en México. Recuperado de: https://es.atlasrenewableenergy.com/como-las-energias-renovables-potenciaran-la-economia-de-mexico-para-2030/*

5 *Carbon Brief. (2025). AI: Five charts that put data-centre energy use and emissions into context. Recuperado de: https://www.carbonbrief.org/ai-five-charts-that-put-data-centre-energy-use-and-emissions-into-context/*

6 *International Telecommunication Union (ITU) & World Bank. (2024). Measuring the Emissions & Energy Footprint of the ICT Sector: Implications for Climate Action. Recuperado de: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099121223165540890/pdf/P17859712a98880541a4b71d57876048abb.pdf*

7 *Unión Internacional de Telecomunicaciones & Banco Mundial. (2023). Green data centers: Towards a sustainable digital transformation. Recuperado de: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Publications/2025/ITU-World%20Bank%20Green%20data%20centers_2023.pdf*

8 *Kaizen. (2025). Energy efficiency using AI for sustainable data centers. Recuperado de: https://kaizen.com/insights/energy-efficiency-sustainable-data-centers/*

9 *Inveniatech. (2025). Green data centers: Why the future of IT infrastructure is sustainable. Recuperado de: https://inveniatech.com/data-center/green-data-centres-why-the-future-of-it-infrastructure-is-sustainable/*

10 *Hexatronic Data Center. (2024). Green computing: Reducing data centers' environmental impact through sustainable infrastructure. Recuperado de: https://hexatronicdatacenter.com/en/knowledge/green-computing-and-sustaining-networks-a-path-to-eco-friendly-data-infrastructure}*

18

MEDICAMENTOS INVISIBLES: LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA QUE NO VEMOS

Iván Ávila-Raya[1]*, Martha Angélica Lemus-Solorio[2], José Luis Rivera Rojas[2]

[1] Facultad de Ingeniería Química, [2] Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

***Contacto: 1578518j@umich.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Medicamentos invisibles: la contaminación del agua que no vemos

Resumen

Cada día utilizamos medicamentos, productos de higiene personal, cosméticos y detergentes sin pensar qué ocurre con ellos después de cumplir su función. Muchos de estos compuestos no desaparecen al irse por el drenaje sino que llegan a ríos, lagos y acuíferos en concentraciones muy bajas, pero con efectos que pueden acumularse con el tiempo. A estos se les conoce como contaminantes emergentes: sustancias que no siempre están reguladas por la ley, pero que representan un riesgo potencial para el ambiente y la salud. En este artículo se explica qué son los contaminantes emergentes farmacéuticos, por qué su presencia en el agua es motivo de preocupación y qué acciones cotidianas pueden ayudar a reducir su impacto.

Palabras clave: contaminantes emergentes, fármacos, agua, medio ambiente, salud.

Lo que tiramos al agua también regresa

Durante décadas, la contaminación del agua se asoció principalmente con residuos visibles: basura, aceites o descargas industriales. Sin embargo, en años recientes ha surgido una nueva preocupación, menos evidente, pero igualmente importante. Gracias a los avances de la química analítica, hoy es posible detectar en el agua compuestos presentes en cantidades extremadamente pequeñas que, por su persistencia, toxicidad o capacidad de acumularse en los seres vivos, se consideran contaminantes emergentes [1].

Estos compuestos incluyen medicamentos de uso humano y veterinario, entre ellos antibióticos y antiparasitarios, además de plaguicidas, detergentes, cosméticos, fragancias y algunos compuestos sintéticos presentes en recubrimientos antiadherentes de utensilios de cocina. (Fig. 2) Aunque muchos de ellos se encuentran en concentraciones muy bajas, su presencia constante hace que no puedan ignorarse.

Figura 1. Medicamentos invisibles: la contaminación del agua que no vemos. Ilustración conceptual del problema. Elaboración propia con apoyo de Canva Pro (asistente de IA).





Figura 2. Ilustración conceptual de contaminantes emergentes de uso cotidiano, como medicamentos y productos domésticos, presentes en el agua. Elaboración propia con apoyo de Canva Pro (asistente de IA).

¿Por qué se les llama contaminantes “emergentes”?

El término no significa que sean nuevos, sino que recientemente se ha reconocido su presencia y posible impacto. Muchos de estos compuestos no están contemplados en las normas ambientales actuales y no existe un límite máximo permitido para ellos en el agua [2]. Esto se debe, en parte, a que durante años no se contaba con las herramientas necesarias para medirlos con precisión.

Hoy se sabe que algunos contaminantes emergentes son químicamente estables, lo que significa que no se degradan fácilmente. Además, ciertos compuestos pueden ser tóxicos y bioacumulables, es decir, pueden concentrarse en peces, moluscos y otros organismos acuáticos a lo largo del tiempo, generando efectos que no siempre se manifiestan de inmediato [3].

Medicamentos en el agua: un problema silencioso

Entre los contaminantes emergentes más estudiados se encuentran los medicamentos o fármacos. Una de las vías por las que llegan al agua ocurre después de su consumo: cuando una persona toma un medicamento, el cuerpo no lo aprovecha por completo y elimina parte del compuesto, junto con algunos productos de biotransformación, a través de la orina y las heces; estos residuos terminan en el sistema de drenaje [1].

Otra vía de ingreso es el desecho inadecuado de medicamentos caducos o sobrantes, por ejemplo, al tirarlos al inodoro o al lavabo. Una vez en el agua residual, estos compuestos pueden atravesar los sistemas de tratamiento, ya que muchas plantas no están diseñadas para eliminarlos por completo [2].

Consecuencias para el ambiente y la salud

La presencia constante de medicamentos en cuerpos de agua puede provocar distintos efectos preocupantes. (Fig. 3) En el caso de los antibióticos, uno de los más relevantes es el desarrollo de resistencia bacteriana. Este término se refiere a la capacidad que adquieren ciertas bacterias para sobrevivir a los antibióticos que antes las eliminaban, lo que ocurre cuando estos fármacos están presentes de manera continua en el ambiente, incluso a concentraciones muy bajas. Cuando estas bacterias resistentes llegan a las personas, las infecciones se vuelven más difíciles de tratar y, en algunos casos, los medicamentos disponibles dejan de funcionar, lo que representa no solo un riesgo ambiental, sino también un problema de salud pública [2]. Además, diversos medicamentos pueden afectar a peces, microorganismos y otros organismos acuáticos, alterando su comportamiento, reproducción y supervivencia. Un ejemplo bien documentado es el del etinilestradiol, un estrógeno sintético presente en píldoras anticonceptivas: en concentraciones tan bajas como 5 nanogramos por litro —es decir, una parte por billón— se ha observado que en peces como la carpita cabezona (Pimephales promelas) ocurre la feminización de machos, la reducción de la fertilidad e incluso el colapso de poblaciones enteras en experimentos a escala de lago [4].

En cuanto a los seres humanos, las concentraciones de fármacos detectadas en el agua potable suelen estar muy por debajo de las dosis terapéuticas, por lo que la Organización Mundial de la Salud ha señalado que, con la información disponible, no se esperan efectos adversos apreciables a corto plazo en la población general [3]. Sin embargo, los efectos a largo plazo de la exposición continua a mezclas complejas de estos compuestos aún se investigan, y existe preocupación particular por grupos vulnerables como mujeres embarazadas, niñas y niños [3]. Además, más allá del agua para consumo, la presencia de antibióticos en el ambiente contribuye a la propagación de bacterias resistentes, que la propia OMS considera una de las principales amenazas para la salud pública mundial. Por todo ello, la exposición continua a pequeñas cantidades de estos contaminantes es una señal de alerta para la salud pública y para la gestión del agua, pues evidencia que muchas de estas sustancias permanecen en el ambiente más tiempo del que se pensaba.



Figura 3. Fármacos en el agua: vacíos normativos, efectos ecológicos y riesgo de resistencia a antibióticos. Elaboración propia con apoyo de Canva Pro (asistente de IA).

La ciencia busca soluciones

Actualmente, distintas áreas de la ciencia y la ingeniería trabajan de manera conjunta para enfrentar este problema. Por ejemplo, se estudian materiales adsorbentes, membranas, carbón activado y procesos de oxidación avanzada, además de nuevas tecnologías de tratamiento capaces de remover contaminantes emergentes del agua de forma más eficiente [2].

Sin embargo, la solución no depende únicamente de los laboratorios. También se fortalece con acciones cotidianas, como evitar la automedicación, no tirar medicamentos al inodoro o al lavabo y llevar los sobrantes y caducos a centros de acopio. En México, el Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases de Medicamentos (SINGREM) es una asociación civil sin fines de lucro, respaldada por la industria farmacéutica y registrada ante la SEMARNAT, que ofrece este servicio de manera gratuita a la población. Cuenta con más de 4 700 contenedores distribuidos en 27 estados del país, ubicados principalmente en farmacias adheridas al programa (como Farmacias Guadalajara, Farmacias del Ahorro, Farmacias Benavides), así como en centros de salud, hospitales y algunos planteles universitarios. La ubicación del contenedor más cercano puede consultarse en el sitio www.singrem.org.mx o en el teléfono 800 746 4736 [5]. Igualmente, importante es seguir las indicaciones médicas, es decir, tomar los medicamentos únicamente en las dosis y por el tiempo prescritos por el personal de salud, sin interrumpir ni prolongar tratamientos por cuenta propia y sin compartir medicamentos con familiares o conocidos, ya que estas prácticas reducen los sobrantes que terminan desechándose. En conjunto, estas decisiones ayudan a prevenir que más compuestos lleguen al agua.

Para reflexionar en familia

- **¿Habías escuchado antes sobre los contaminantes emergentes?**
- **¿Qué crees que se puede hacer para evitar que los medicamentos contaminen el agua?**
- **¿Qué haces en tu hogar con los medicamentos que ya no utilizas o que están caducos?**
- **¿Sabes dónde se encuentra el centro de acopio de medicamentos caducos más cercano a tu hogar?**

Reflexionar sobre estas preguntas es un primer paso para generar conciencia y promover un uso más responsable de los medicamentos.



Figura 4. Para reflexionar en familia: preguntas guía para promover el uso responsable de medicamentos. Elaboración propia con apoyo de Canva Pro (asistente de IA).

Referencias bibliográficas

1 *Aus der Beek T, Weber FA, Bergmann A, Hickmann S, Ebert I, Hein A, Küster A. Pharmaceuticals in the environment—Global occurrences and perspectives. Environmental Toxicology and Chemistry. 2016;35(4):823-835. Disponible en: https://doi.org/10.1002/etc.3339*

2 *Verlicchi P, Al Aukidy M, Zambello E. Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: Removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment—A review. Science of the Total Environment. 2012;429:123-155. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.04.028*

3 *World Health Organization. Pharmaceuticals in drinking-water [Internet]. Geneva: WHO; 2012 [Consultado 3 Jul 2024]. Disponible en: https://www.who.int/publications/i/item/9789241502085*

4 *Kidd KA, Blanchfield PJ, Mills KH, Palace VP, Evans RE, Lazorchak JM, Flick RW. Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2007;104(21):8897-8901. Disponible en: https://doi.org/10.1073/pnas.0609568104*

5 *Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases de Medicamentos A.C. SINGREM [Internet]. Ciudad de México: SINGREM; 2024 [Consultado 18 May 2026]. Disponible en: https://www.singrem.org.mx/*


REVISTA
C+Tec
Divulgar para Transformar

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO

icti.michoacan.gob.mx

Número especial: Neurociencias

Este número especial de la revista reúne una selección de artículos preparados con motivo de la celebración de la Semana del Cerebro Morelia 2026 que se llevó a cabo del 17 al 20 de marzo en Morelia, Michoacán. Este evento se desarrolló como parte de la iniciativa internacional Brain Awareness Week, promovida por la Fundación Dana, y tuvo como propósito acercar el conocimiento científico sobre el cerebro a la sociedad, fomentando la curiosidad, el pensamiento crítico y el interés por las neurociencias entre públicos diversos. La realización de esta edición fue posible gracias al apoyo económico otorgado por la Fundación Dana, a través de la International Brain Research Organization (IBRO), cuyo respaldo contribuyó al fortalecimiento de las actividades de divulgación y vinculación con la comunidad.

La Semana del Cerebro Morelia 2026 constituyó un esfuerzo colaborativo entre diversas instituciones académicas y de investigación comprometidas con la comunicación pública de la ciencia. En su organización participaron la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México (ENES Morelia–UNAM), el Centro de Investigación Biomédica de Michoacán del Instituto Mexicano del Seguro Social (CIBIMI–IMSS), la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán (ICTI). Los artículos seleccionados para este número reflejan una temática común de creciente relevancia, el estudio del cerebro y la salud cerebral. A través de enfoques complementarios, las contribuciones exploran cómo diversos componentes de la dieta, productos naturales y hábitos de vida pueden influir en el funcionamiento del sistema nervioso.

En conjunto, estas contribuciones ilustran la naturaleza interdisciplinaria de las neurociencias contemporáneas y ponen de manifiesto la creciente evidencia que vincula la alimentación, el metabolismo y el estilo de vida con la salud cerebral. Esperamos que este número especial contribuya a fortalecer el diálogo entre la comunidad científica y la sociedad, inspire nuevas vocaciones científicas y motive a los lectores a reflexionar sobre la importancia de comprender y cuidar el cerebro a lo largo de la vida.

01

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO

FITONUTRIENTES: ALIADOS DE LA NEURONUTRICIÓN CONTRA LA OBESIDAD

Pedro Alberto Romero Juárez [1], José Pérez Villarreal[2], Omar Guzmán Quevedo[3]*

[1]Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Superior P´urhépecha, [2]Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Superior de Uruapan, [3]Laboratorio de Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos, Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro

***Contacto: omar.gq@tacambaro.tecnm.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Fitonutrientes: aliados de la neuronutrición contra la obesidad

Resumen

El sobrepeso y la obesidad representa un problema de salud alarmante, pues afectan a una gran cantidad de personas en todo el mundo y se relacionan con otras enfermedades como la diabetes, la dislipidemia y la hipertensión. Las personas comienzan a ganar peso debido a la ruptura del balance energético, la cual ocurre cuando las calorías ingeridas superan a las calorías gastadas. En condiciones normales, un equilibrio del consumo de energía es mantenido por el cerebro, a través de una estructura especial conocida como hipotálamo. En esa región, se determina cuándo el organismo está bajo de energía y se genera apetito. También se detecta cuándo hay mucha energía, eliminando el deseo de comer. El consumo de dietas no saludables a menudo llamadas comida chatarra ricas en grasas saturadas y azúcares, provocan inflamación en el hipotálamo. Esto hace que el hipotálamo ya no sea capaz de saber cuándo hay que dejar de comer. De esta manera, el balance energético se rompe y se comienza a ganar peso. Si se sigue consumiendo comida chatarra llegará la obesidad. Nuevos descubrimientos científicos han mostrado que la inflamación en el hipotálamo puede ser revertida por compuestos de origen vegetal, conocidos como "fitonutrientes". En este artículo te contaremos cómo actúan estos compuestos en el hipotálamo y cómo influyen sobre la inflamación y la obesidad. Comprenderás la importancia de alimentarnos pensando en nuestro cerebro, así como la recomendación de siempre: "come frutas y verduras".

Palabras clave: Obesidad, hipotálamo, neuronutrición, fitonutrientes.

Obesidad: un problema "muy pesado"

La obesidad y sobrepeso afecta a más de un tercio de la población mundial, incluyendo menores y adultos, mujeres y hombres y niñas y niños. Uno de los países más afectados es México, donde se estima que alrededor del 75% de la población adulta presenta sobrepeso u obesidad [1] lo cual repercute en un alto costo social y económico (Fig. 1).



Figura 1. Prevalencia de obesidad y sobrepeso en México y el mundo. Figura creada con Biorender.com.

La obesidad y sobrepeso se asocian íntimamente con otras enfermedades como la diabetes, colesterol y triglicéridos elevados, hipertensión, depresión y algunos tipos de cáncer. Esto se debe a que la acumulación de tejido adiposo va acompañada de la liberación de unas moléculas denominadas citocinas, las cuales tienen efectos inflamatorios en el organismo. Lo anterior compromete el funcionamiento de las células de los diferentes órganos que participan en el metabolismo de glucosa y lípidos, así como la regulación de la presión arterial y la proliferación celular. De esta manera, la obesidad y el sobrepeso tienen impacto negativo en la calidad de vida de las mexicanas y mexicanos. Económicamente, tienen también un impacto devastador. Se calcula que los gastos médicos y pérdida de la productividad laboral, generados por estos padecimientos, tienen un costo de 240 mil millones de pesos por año [2].

Hipotálamo: "la sala de máquinas" de la protección contra la obesidad

El hipotálamo es una parte del cerebro muy pequeña, pero con funciones de "vida o muerte". Se localiza en la parte más interna y baja del cerebro, de donde actúa como la "sala de máquinas" que mantiene el cuerpo hidratado y con la temperatura adecuada. También, regula el comportamiento reproductivo de los individuos. Pero, una de sus funciones destaca entre todas, su capacidad de "decirnos" cuándo comer y cuándo dejar de hacerlo. Esta función es una maravilla, ya que sin consumir alimentos nuestro cuerpo no sobreviviría por falta de energía y con mucho consumo se genera obesidad, predisponiendo también a la muerte. Por ello, el hipotálamo es considerado el maestro regulador del balance energético, que da un equilibrio de energía en nuestro organismo, impidiendo el desarrollo de obesidad [3].



Ahora surge la pregunta: ¿cómo hace el hipotálamo para decirnos cuándo comer y cuándo no hacerlo? Para responder la pregunta, retomaremos que el hipotálamo es una auténtica "sala de máquinas". Es un centro de comunicación donde convergen un sinfín de mensajes que reflejan el estado energético del organismo. Por ejemplo, si llevamos un periodo de ayuno prolongado, como el tiempo en que dormimos, la grelina, conocida como la "hormona del hambre" producida en el estómago, viaja hasta el hipotálamo, y activa unas neuronas conocidas como células NPY. Y de manera inmediata… ¡nos da hambre y comenzamos a comer! Como es necesario dejar de comer, después de un momento, se producen las hormonas como la leptina en el tejido adiposo e insulina en el páncreas. Estos mensajeros, al igual que la grelina, viajan al hipotálamo y al llegar bajan el interruptor del hambre.

Específicamente, activan las neuronas POMC y apagan las neuronas NPY suprimiendo el apetito. Así es como el hipotálamo mantiene el balance energético las 24 horas de los 365 días del año [3]. ¡Maravilloso!

Comida chatarra: la "kriptonita" del Super-hipotálamo

La alimentación moderna está basada ampliamente en comida chatarra. Es decir, en alimentos altamente procesados, con un alto contenido de azúcares y grasas saturadas. La ciencia ha demostrado que el alto contenido de grasas saturadas produce inflamación en el hipotálamo (Fig. 2). La inflamación se observa por un aumento del número y tamaño de células en el hipotálamo conocidas como microglías. Estas células producen unas proteínas conocidas como citocinas que dañan las células POMC. Con ello, se altera el freno del consumo de alimento, perdiéndose el control del balance energético [4]. Tristemente, la ganancia de peso corporal comienza, avanzando lentamente… hasta aparecer la obesidad con toda su maldad. Y sí… hasta el Super-hipotálamo tiene su kriptonita.



Fitonutrientes y neuronutrición: el escudo contra la comida chatarra

Los fitonutrientes son moléculas presentes en vegetales (ej. frutos rojos, cítricos, aceitunas, aguacate, ajo, brócoli y jengibre) que, si bien no aportan calorías al organismo, participan de manera importante en su correcto funcionamiento. Un ejemplo de ellos son los flavonoides, los cuales al ser consumidos promueven la pérdida de peso corporal actuando de muchas maneras. Por un lado, pueden promover cambios favorables en la microbiota intestinal. Esta última es un conjunto de millones de bacterias en el intestino que contribuye de manera importante en la salud del organismo. Dichos fitonutrientes promueven la abundancia de bacterias benéficas, las cuales, a su vez, producen ácidos grasos de cadena corta, sales biliares secundarias y derivados de pared celular que llegan al hipotálamo para ayudarle a mantener el balance energético [5]. Por otro lado, estudios pioneros llevados a cabo en ratones mostraron que los fitonutrientes pueden actuar directamente en el hipotálamo y controlar el peso corporal, inclusive cuando se consumen dietas que producen obesidad. Se mostró que el kaempferol, uno de tantos flavonoides que existen y que podemos encontrar en cantidades significativas en el jengibre y la toronja, reduce la activación de la microglía en el hipotálamo y revierte la obesidad [6]. En otro estudio similar, la semilla de aguacate, rica en flavonoides como epicatequina, quercetina y kaempferol, restauró la regulación del apetito en el hipotálamo y redujo el peso corporal en ratones obesos [7]. Lo interesante de estos estudios es que los ratones tratados con flavonoides perdieron peso corporal a pesar de seguir comiendo comida chatarra. Esto sugiere que el problema de la alimentación moderna sería la falta de fitonutrientes en la dieta, más que la existencia de grasas saturadas. Lo anterior lleva a proponer el concepto de neuronutrición, es decir, el consumo en la dieta de vegetales ricos en fitonutrientes capaces de proteger o reparar el funcionamiento del Super-hipotálamo para mantener un peso corporal adecuado (Fig. 2). Aunque estos resultados son prometedores, estudios adicionales son necesarios para conocer la forma en que los fitonutrientes llevan a cabo sus funciones. Además, determinar en humanos las cantidades que deben ser consumidas para obtener sus beneficios sobre el hipotálamo. Entretanto, se recomienda consumir con regularidad alimentos ricos en fitonutrientes. Preferentemente frescos, ya que sus propiedades benéficas se pierden con el procesamiento.

Ahora ya lo sabes, piensa en tu cabeza… ¡come frutas y verduras!

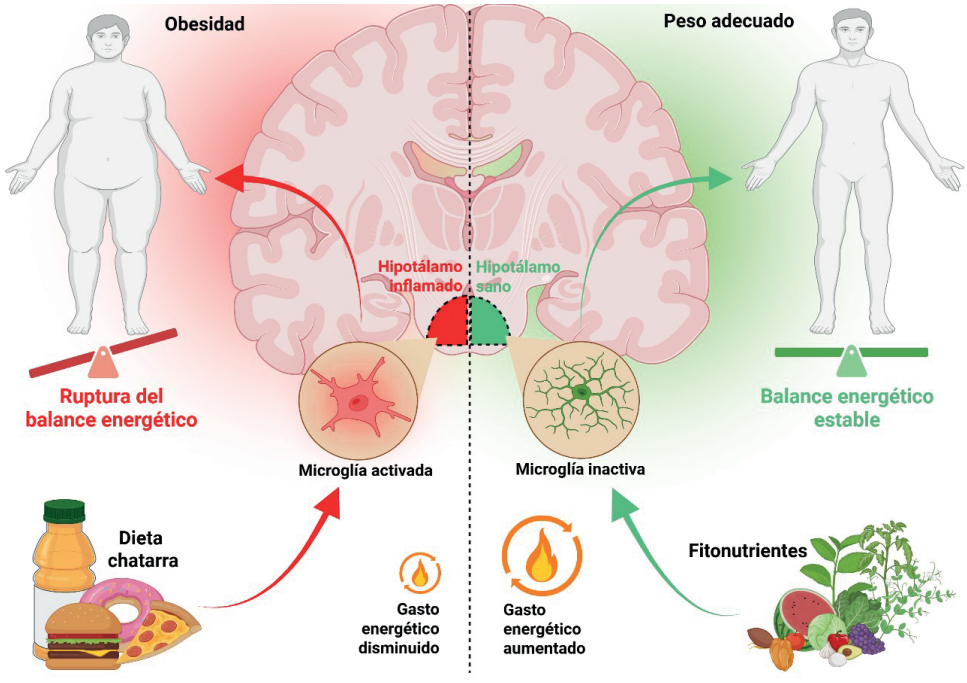


Figura 2. Comparación de los efectos sobre el hipotálamo de la dieta chatarra (izquierda) y la dieta con fitonutrientes (derecha). Figura creada con Biorender.com.

FITONUTRIENTES: ALIADOS DE LA NEURONUTRICIÓN CONTRA LA OBESIDAD

Referencias bibliográficas

1 *Campos-Nonato, I., Galván-Valencia, Óscar, Hernández-Barrera, L., Oviedo-Solís, C., & Barquera, S. (2023). Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. Salud Pública De México, 65, s238-s247. https://doi.org/10.21149/14809*

2 *Rico-Barrera SM. (2025). La Epidemia de Obesidad en México: Un Desafío de Salud Pública. Obtenido de: https://consultorsalud.com.mx/la-epidemia-de-obesidad-en-mexico-un-desafio-de-salud-publica/*

3 *González-Jiménez, E., & Schmidt Río-Valle, J. (2012). Regulación de la ingesta alimentaria y del balance energético: factores y mecanismos implicados. Nutricion hospitalaria, 27(6), 1850–1859. https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.6.6099*

4 *Sonnefeld, L., Rohmann, N., Geisler, C., & Laudes, M. (2023). Is human obesity an inflammatory disease of the hypothalamus?. European journal of endocrinology, 188(3), R37–R45. https://doi.org/10.1093/ejendo/lvad030*

5 *Guzmán-Quevedo O., Araújo, A.N.V. de, Romero-Juárez, P.A., Costa Silva, J.C., Soria-Melgarejo, G., Torner, L., & de Souza Aquino, J. (2026). Impact of the flavonoid-induced intestinal microbiota modulation on global energy metabolism: implication for obesity. Frontiers in nutrition, 12. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1696152*

6 *Romero-Juárez, P. A., Visco, D. B., Manhães-de-Castro, R., Urquiza-Martínez, M. V., Saavedra, L. M., González-Vargas, M. C., Mercado-Camargo, R., Aquino, J. S., Toscano, A. E., Torner, L., & Guzmán-Quevedo, O. (2023). Dietary flavonoid kaempferol reduces obesity-associated hypothalamic microglia activation and promotes body weight loss in mice with obesity. Nutritional neuroscience, 26(1), 25–39. https://doi.org/10.1080/1028415X.2021.2012629*

7 *Velázquez-González, F.G., Urquiza-Martínez, M.V., Manhães-de-Castro, R., Romero-Juárez, P.A., Bedolla-Valdez, Z.I., Ponce-Pérez, J.M., et al. (2023). Chronic consumption of avocado seed (Persea americana) promotes a negative energy balance and body weight reduction in high-fat diet exposed mice: implications for functional foods. Journal of functional foods, 108:105751. https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105751.*

02

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO

¿PUEDE LA MIEL HACERTE MÁS INTELIGENTE? LO QUE DICE LA NEUROCIENCIA...

Judith Celeste Guzmán Aviña[1]*, Judit A. Aviña Verduzco[2], Ramón Guzmán Mejía[2]

Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara[1], Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo[2]

Contacto: celesteavina6@gmail.com

¿Puede la miel hacerte más inteligente? Lo que dice la neurociencia…

Resumen

La miel es utilizada desde épocas antiguas como alimento sagrado y medicinal en múltiples contextos culturales, siendo un producto natural que contiene una gran variedad de compuestos con actividad biológica, como antioxidantes, flavonoides, vitaminas, minerales y aminoácidos, entre otros. En los últimos años, se ha observado un incremento en la investigación científica sobre sus posibles beneficios en la salud cerebral, particularmente en funciones como la memoria y el aprendizaje.

Estudios experimentales sugieren que existen algunos componentes de la miel que pueden influir en estructuras clave del cerebro y en moléculas importantes como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) y la acetilcolina (ACh), además de un posible papel en la modulación del estrés y el dolor por sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes.

No obstante, gran parte de estas investigaciones son en modelos experimentales en ratas (modelo murino), lo que evidencia la necesidad de más estudios en humanos para confirmar estos efectos potenciales. Bajo este enfoque, la miel se posiciona como un posible aliado natural para la salud cerebral, reflejando la unión entre el conocimiento tradicional y la investigación científica.

Palabras clave: Miel, memoria, salud.

¿Has pensado por qué nuestras abuelas le quieren poner miel de abeja a todo? Bueno, aquí es donde se mezcla la tradición, la cultura y la ciencia. La miel no solo funciona para agregar un toque dulce a nuestras vidas, sino para cuidar nuestra salud, así es, nuestras abuelas son muy sabias. Así como nuestro cuerpo requiere de energía y nutrientes para movernos, respirar y funcionar todos los días, nuestro cerebro también los necesita para pensar, recordar y concentrarse. Aquí es donde la ciencia comienza a explicar cómo es que un regalo de la naturaleza, hecho a mano por las abejas puede beneficiar nuestro cerebro (Fig. 1).



Figura 1. Tarro con miel extraída naturalmente. Elaboración propia. Judith Celeste Guzmán Aviña

A lo largo de la historia, la miel se ha utilizado en diversos contextos culturales alrededor del mundo, como ofrenda sagrada para los dioses en rituales simbolizando pureza y abundancia, igualmente implementada como ingrediente medicinal para el tratamiento de infecciones y heridas[1].

La miel es un alimento complejo que la naturaleza y las abejas nos brindan, debido a que contiene alrededor de 200 sustancias diferentes, entre ellas predominan: azúcares, vitaminas (como la vitamina B6), minerales (calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, sodio y zinc), aminoácidos, enzimas, carotenoides (provitaminas que ayudan al sistema inmune) y antioxidantes (moléculas que ayudan a proteger las células del desgaste diario) [2], destacando su alto nivel de flavonoides y ácidos fenólicos, los cuales son compuestos esenciales en la dieta humana, por sus propiedades antioxidantes y metabólicas, como la regulación de azúcares en el cuerpo y su efecto positivo en la salud cardiovascular [3].

Cada tipo de miel es única, porque su composición, aroma, color y sabor dependen de las flores de donde las abejas recolectan el néctar. Otras de sus virtudes son su capacidad de conservarse a temperatura ambiente, que no caduca y posee efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antibacteriales, entre otros [2] (Fig. 2).



Figura 2. La naturaleza en acción. Una abeja extrayendo nectár de las flores. Elaboración propia.
Judith Celeste Guzmán Aviña.

En estudios recientes se han identificado 4 beneficios potenciales de la miel en el cerebro: un gran potenciador de la memoria, efectos neuroprotectores (previene la degradación neuronal), potencial antiestrés y efectos benéficos sobre el dolor, como un calmante natural, ayudando a disminuir la sensación del dolor [4] (Fig. 3).

La neurociencia ha identificado al hipocampo como la estructura principal en el cerebro para el desarrollo del aprendizaje y la memoria. Sin embargo, es sensible a la falta de oxígeno en sus células (hipoxia), trayendo como consecuencia un deterioro significativo de la memoria si sus células se quedan sin oxígeno. En otras palabras, podemos ver al hipocampo como la biblioteca donde se almacenan y organizan nuestros recuerdos y aprendizajes [5].

Asimismo, se encuentra una súper proteína denominada "factor neurotrófico derivado del cerebro" (BDNF, por sus siglas en inglés), considerada la más abundante en el cerebro humano. Es sintetizada y secretada por neuronas excitatorias que encienden la actividad cerebral, liberándose cuando las mismas se activan. Actúa regulando la supervivencia de las neuronas, su diferenciación, maduración y su plasticidad sináptica; es decir, cómo el cerebro se adapta y aprende. Tomando el papel de "pre-entreno" (suplemento que brinda energía) del cerebro en su entrenamiento diario, esencial para el desarrollo y mantenimiento de las conexiones neuronales, su formación y consolidación de la memoria [6].

Tanto el hipotálamo como el BDNF, son un pilar fundamental en la memoria y el aprendizaje, donde el hipocampo sería nuestra biblioteca interna, procesando qué información se almacena, cómo se ordenará y se conservará a largo plazo; no obstante, no podría funcionar correctamente sin el BDNF, fungiendo como bibliotecario y personal de mantenimiento que cuidan y mantienen todo en orden para su funcionamiento.



Figura 3. Miel y cerebro, alianza natural. Un tarro con miel y un cerebro haciendo sinapsis en conjunto. Imagen generada por IA.

Y a todo ello, ¿Qué tiene que ver la miel con la memoria?

La miel contiene flavonoides importantes como la pinocembrina y luteolina, los cuales son antioxidantes poderosos, y se ha observado que en modelos experimentales en cerebros de ratas, pueden contribuir a reducir el estrés sobre las neuronas, evitando que se queden sin oxígeno, y con ello la degeneración celular, sugiriendo un efecto en la disminución de la pérdida de memoria y, por ende, de la función cerebral; sin embargo, estos hallazgos aún no han sido confirmados concluyentemente en humanos [4].

En otro estudio realizado en cerebros de ratas se ha observado que las propiedades antioxidantes de la miel, tiene un potente efecto sobre el BDNF, ayudando a su regulación positiva, sugiriendo un beneficio para la memoria y el aprendizaje, además que puede ser capaz de reducir los efectos del síndrome metabólico (conjunto condiciones por niveles elevados de azúcar, triglicéridos y/o colesterol en sangre, que aumenta el riesgo de enfermedades del corazón, diabetes, entre otras), ayudando así no solamente en la parte neurológica [7].

De igual manera, encontramos aminoácidos importantes en la miel, como la fenilalanina, que al igual que los flavonoides tiene un efecto positivo en la regulación de BDNF. Adicionalmente, tiene cierta particularidad, la fenilalanina es esencial en la ruta catecolaminérgica, línea principal para la producción de neurotransmisores (compuestos que ayudan a la comunicación entre neuronas), como la dopamina que tiene una relación directa con el refuerzo y la modulación de la memoria a largo plazo en el hipocampo [9].

Por otra parte, las enfermedades neurodegenerativas y psiquiátricas, como la depresión mayor, trastorno de estrés postraumático, ansiedad, enfermedad de Alzheimer, tienen en común una disminución significativa de nuestra súper proteína cerebral "BDNF", donde en diversos estudios experimentales en ratas se ha propuesto a la miel como un factor que puede tener un impacto positivo en la prevención y el curso de estas enfermedades, por su composición química, con sus altos niveles de flavonoides, ácidos fenólicos y poder antioxidante (ya explicado anteriormente sus mecanismos), generando la inquietud de su potencial en el ser humano, abriendo el cuestionamiento para futuras investigaciones sobre un impacto demostrable en estas enfermedades; es decir, ya está la teoría, ahora solo falta ponerla en práctica [6,8].

Entonces ¿La abuela siempre tuvo la razón? Tal vez. La miel tiene múltiples beneficios en nuestro cuerpo y contiene compuestos que pueden influir en procesos relacionados con la memoria, especialmente por su posible interacción con el hipocampo y sustancias principales en nuestro cerebro. Algunos estudios sugieren que podría tener un papel en la protección de la función cognitiva. El estudiar el efecto de estos componentes de la miel en modelos humanos sigue siendo un área de oportunidad para que investigadores especializados en el tema nos ayuden a descubrir y confirmar todo el potencial de la miel en nuestro cerebro, y así comprender realmente todo su alcance.

Si bien la miel no es una cura milagrosa, existen ciertos estudios científicos que sugieren que podría tener un papel como posible aliada natural para la memoria y salud cerebral. Las aplicaciones de la miel dentro de nuestra vida cotidiana ejemplifican cómo es que la tradición y la ciencia convergen para conocer las ventajas que nos proporcionan las grandes obreras de la naturaleza, las abejas.

Referencias bibliográficas

1 *Rabeena I, Chandra Bose S, Arunkumar S, Bhuvaneshwaran S, Hariprasad K, Vijay Prabha, V. History and Therapeutic Benefits of Honey: From Acient Traditions to Modern Medicine. Journal of Advances in Biology and Biotechnology. 2024, volumen (27): pp. 289-295. Disponible en: https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i121776*

2 *Missio da Silva P, Gauche C, Valdemiro Gonzaga L, Oliveira Costa AC, Fett R. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. Food Chemistry. 2016, volumen 196: pp. 309-323. Disponble en: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051*

3 *Kumar N., Goel N. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapuetic applications. Biotechnology Reports. 2019, volumen 24. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370*

4 *Nurul AZ, Nurhafizah G, Che Aishah N, Rahimah Z, Nazlahshaniza S. Honey on brain health: A promising brain booster. Frontiers in Aging Neurscience. 2023, volumen (14). Disponible en: https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.1092596*

5 *Burdakov D, Peleg-Raibstein D. The hypothalamus as a primary coordinator of memory updating. Physiology & Behavior. 2020, volumen (223): pp. 1-223. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112988*

6 *Barde YA. The physiopathology of brain-derived neurotrophic factor. Physiological Reviews. American Physiological Society. 2025, volumen (105): pp. 2073-2140. Disponible en: https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2024*

7 *Abdul Kadar NMM, Ahmad F, Lin Teoh S, Fairuz Yahaya M. Comparable Benefits of Stingless Bee Honey and Caffeic Acid in Mitigating the Negative Effects of Metabolic Syndrome on the Brain. Antioxidants, 2022, 11(11), 2154; https://doi.org/10.3390/antiox11112154*

8 *Mohammad Adi MF, Suraiami M, Aswir Abd R. The Potential Use of Honey as a Neuroprotective Agent for the Management of Neurodegenerative Diseases. Nutrients. 2023, volumen (15). Disponible en: https://doi.org/10.3390/nu15071558*

9 *Duncan K, Daphna S. Dopamine and Learning. The Oxford Handbook of Human Memory. Oxford Academic. Oxford University Press. 2024. Disponible en: https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190917982.013.24*

03

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO

MAÍZ AZUL: POTENCIAL COADYUVANTE EN LA SALUD CEREBRAL

Mercedes Victoria Urquiza Martínez[1]*, Alexandro Mauleón Torres[1], Estefanía Farías Gaytán[2].

[1]Laboratorio de Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro. [2]Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: mercedesum@itstacambaro.edu.mx**

Maíz azul: potencial coadyuvante en la salud cerebral

Resumen

El maíz es un alimento base en muchas culturas, especialmente la mexicana. Es fuente de energía, minerales y fibra. El maíz azul, al igual que otros alimentos de tonalidades rojo-violáceas contiene un tipo de compuestos denominados polifenoles, con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Pero ¿son capaces de llegar al cerebro? Si lo hacen, ¿tienen alguna función o efecto en él? La respuesta es: sí, el maíz pigmentado (morado, rojo, azul o negro) contiene altas concentraciones de estos polifenoles, a ellos deben sus colores y han sido estudiados por sus beneficios para la salud. Probablemente ya ha escuchado de ellos en los frutos rojos como arándanos, zarzamoras, frambuesas, uvas, etcétera. Diversos estudios muestran que sus beneficios al cerebro consisten en modular reacciones que lo dañan, ayudando a prevenir o tratar padecimientos relacionados a éste como inflamación, demencia, Alzheimer, Parkinson, e incluso, alteraciones nutricionales como obesidad, diabetes o los daños por desnutrición. En este artículo le platicaremos los posibles efectos por consumir este versátil y delicioso cereal, acompáñanos.

Palabras clave: alimentos funcionales, antioxidantes, antiinflamatorios.

Salud cerebral

Hablando en términos generales de salud cerebral, valdría la pena destacar sus características y necesidades particulares. El cerebro, al ser el centro de mando, es un órgano privilegiado en el flujo de sangre y nutrientes, pesa 1.5 kg en el adulto y está compuesto en un 60% por grasa. Además, consume cerca del 20% de la energía total que requiere una persona. Curiosamente, estas dos características: su alta demanda de energía y su composición, lo hacen muy susceptible a sufrir daño por estrés oxidativo [1]. Pero ¿qué es eso? Bueno, si imagináramos a las células del cerebro como pequeños supermercados, donde hay miles de transacciones, a veces hay "centavos" que nos sobran de cambio y no nos los dan. Esos "centavos" representan electrones que buscan completarse a "pesos" y se los quitan a otras moléculas. Esas moléculas incompletas se les llaman "radicales libres" y tienen la característica de buscar robar electrones para estabilizarse, cuando hay un exceso se crea un escenario de "estrés oxidativo". Al robar estos electrones, las moléculas que fueron "asaltadas o robadas" sufren cambios o daños que pueden llevar a la célula a comprometer su estructura o función, al grado de programar su fin. Así es, una especie de suicidio o muerte celular programada a la que se le conoce como apoptosis. Si hay células dañadas o muertas, sistemas de defensa inician reacciones de inflamación en un intento por delimitar la zona de daño y empezar a corregirla. ¡Vaya lío! ¿verdad? La buena noticia es que naturalmente, el sistema nervioso cuenta con una serie de mecanismos internos y externos para protegerse de tal daño. En este caso nos interesan los externos (Fig. 1), ya que varios componentes de los alimentos actúan como antioxidantes o estabilizadores, donando electrones ¿Cuáles son? vitaminas como la C, la E o la A, algunos minerales como zinc, selenio, cobre, entre otros y un tercer grupo, los compuestos bioactivos entre los que destacan los polifenoles. Estos son moléculas pequeñas, que producen las plantas y vegetales para dar color, sabor, para protegerse de la radiación o de plagas. Se ha observado que estos, tienen capacidad antioxidante y, además, la capacidad de activar ciertas respuestas en el cerebro para protegerse o curarse/repararse [2].

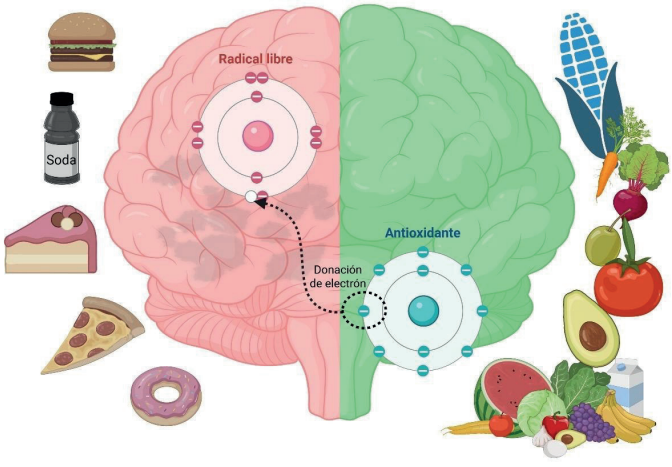


Figura 1. Comparación de una dieta poco saludable vs una dieta con fuentes de antioxidantes externos. Se ilustra la presencia de radicales libres y cómo son donados electrones por frutas y verduras para estabilizarlos. Fuente: creado en Biorender.

Alimentación y salud cerebral

En este sentido, una alimentación equilibrada puede ayudar a proteger y reparar el cerebro [3]. Por el contrario, una dieta de baja calidad puede promover procesos de estrés oxidativo e inflamación. Tiene sentido ¿no? Si consumimos una dieta baja en vitaminas y minerales, con exceso de energía por tener un exceso de azúcar y grasa, esto implica más reacciones dentro de la célula y por lo tanto, mayor generación de radicales libres. Vamos armando el escenario perfecto para el estrés oxidativo, inflamación y daño. Lo que pasa a largo plazo es pérdida de masa cerebral, Alzheimer, Parkinson, demencia, depresión, etcétera. Un largo "etcétera" que incluye, como si no fuera poco, alteraciones como obesidad, diabetes o falta de desarrollo por desnutrición en niños.

Ya sé, probablemente se esté preguntando "¿qué tiene que ver el estrés oxidativo en el cerebro con que ya no me queden mis pantalones?". Pues sí, tiene relación [4]. Diversos estudios han mostrado que consumir grasas saturadas, es decir, esas que tienen las carnitas, las frituras, los pastelitos, galletas, en fin, usted sabe cuáles, llegan a una parte del cerebro que se llama "hipotálamo". Éste es el principal regulador del consumo y gasto de energía. Cuando recibe señales de estas grasas saturadas, células guardianas llamadas "glía" interpretan su presencia como un posible ataque bacteriano (pues resulta que hay bacterias con lípidos particulares en su membrana) y comienzan una estrategia de defensa causando inflamación. A la larga, esa inflamación altera el buen funcionamiento del hipotálamo y hace que se vuelva indistinguible cuando parar de consumir energía o alimento y, por otro lado, el cuerpo sigue almacenando ese excedente. Si este proceso sigue y sigue, resulta en obesidad, que a la larga altera la absorción de glucosa y se genera la diabetes [5]. Y, ¿qué pasa en la desnutrición? La deficiencia de esos nutrientes antioxidantes y de la energía que requiere el cerebro, lo hacen blanco fácil del estrés oxidativo y compromete su crecimiento normal cuando está en desarrollo.

En esta historia, que pareciera una lucha épica entre el bien y el mal, hay un bienhechor, el maíz azul. ¿Por qué? Porque su contenido de un tipo especial de polifenoles llamados antocianinas es de aproximadamente 314 mg/kg [6] si lo comparamos con otro producto en estas tonalidades de color, bien aceptado por sus propiedades a la salud, el vino tinto, que tiene 500 mg/L [7], se acerca bastante, ¿cierto? Este cereal, cuando es nixtamalizado, aumenta su cantidad de calcio hasta 10 veces, tiene además fósforo, magnesio y zinc (Fig 2). Aunque es bien aceptado y consumido, el maíz azul es producido junto con otros maíces pigmentados, únicamente en 0.5% en comparación con los maíces blanco o amarillo. Dar a conocer sus propiedades y cualidades impulsará su producción y consumo y con ello, una dieta más saludable y funcional que beneficie su salud y la de su cerebro.

¿Qué se ha reportado sobre el consumo de antocianinas de maíz azul en estudios científicos? En situaciones de estrés, como las que muchas personas experimentan diariamente, el cerebro puede interpretar estos impulsos como una emergencia o amenaza, a largo plazo puede desarrollar ansiedad. Un estudio hecho en ratas expuestas a estrés crónico mostró que el consumo de tortilla azul disminuye la conducta ansiosa, ayuda a retener datos importantes en la memoria y a mejorar el aprendizaje [8,9]. Consumido en el embarazo aumenta en crías la neurogénesis, es decir, la producción de neuronas nuevas [10] y consumido en etapas tempranas de desnutrición mejora la capacidad cognitiva [11]. Sus componentes tienen actividad antioxidante y antiinflamatoria, sería por lo tanto posible deducir que dichas funciones se extiendan al hipotálamo donde podría revertir el efecto de las grasas saturadas y restaurar el gasto/consumo de energía [12]. Aún falta mucho por explorar, estudios que hacer para comprobarlo, mientras tanto, recomendar su consumo suena como una estrategia deliciosa con potencial para mejorar la salud de tu cerebro. ¡Buen provecho!

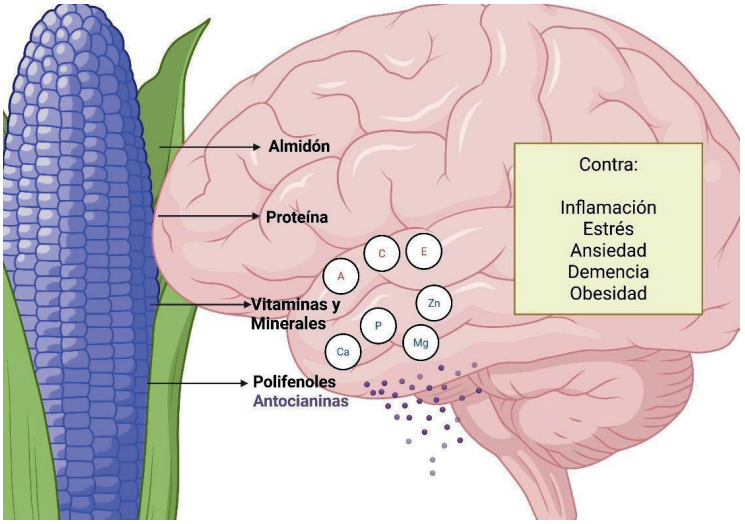


Figura 2. Nutrientes y compuestos bioactivos presentes en el maíz azul como promotores de la salud cerebral. Fuente: creado en Biorender.

Referencias bibliográficas

1 *Maldonado KA, Alsayouri K. Physiology, Brain. [Updated 2023 Mar 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551718/*

2 *Trofin DM, Sardaru DP, Trofin D, Onu I, Tutu A, Onu A, et al. Oxidative Stress in Brain Function. Antioxidants. 2025;14(3):297. Disponible en: https://doi.org/10.3390/antiox14030297*

3 *Gravesteijn E, Ronald PM, and Jogchum P. Effects of Nutritional Interventions on BDNF Concentrations in Humans: A Systematic Review. Nutritional Neuroscience. 2022, 25 (7): 1425–36. Disponible en: doi:10.1080/1028415X.2020.1865758.*

4 *Carlson DA, True C, Wilson CG. Oxidative stress and food as medicine. Frontiers in Nutrition, 2024, 11, 1394632. Disponible en: doi: 10.3389/fnut.2024.1394632*

5 *Andre C, Guzman-Quevedo O, Rey C, Remus-Borel J, Clark S, Castellanos-Jankiewicz A, Ladeveze E, Leste-Lasserre T, Nadjar A, Abrous DN, Laye S, Cota D. Inhibiting microglia expansion prevents diet-induced hypothalamic and peripheral inflammation. Diabetes, 2017, 66(4): 908-919. Disponible en: https://doi.org/10.2337/db16-0586*

6 *Del Pozo-Insfran D, Brenes CH, Saldivar SOS, & Talcott ST. Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (Zea mays L.) products. Food Research International, 2006, 39(6): 696-703. Disponible en: doi: 10.1016/j.foodres.2006.01.014*

7 *He F, Liang NN, Mu L, Pan QH, Wang J, Reeves MJ, & Duan CQ. Anthocyanins and Their Variation in Red Wines I. Monomeric Anthocyanins and Their Color Expression. Molecules, 2012, 17(2):1571-1601. Disponible en: https://doi.org/10.3390/molecules17021571*

8 *Rodiles CCG. Blue Corn Tortillas: Effects on Learning and Spatial Memory in Rats. Plant Foods for Human Nutrition. 2017, 72(4):448-450. Disponible en: doi: 10.1007/s11130-017-0642-1*

9 *Aguirre López LO, Cuellar Perez JR, Santerre A, Moreno YS, Hernandez De Anda Y, & Banuelos Pineda J. Effect of consumption of blue maize tortilla on anxiety-like behavior, learning, memory and hippocampal BDNF expression in a chronic stress model in rats. Nutritional Neuroscience, 2023, 26(11): 1058-1067. Disponible en: doi: 10.1080/1028415X.2022.2126757.*

10 *González-Nieto PF, Alvarado-Olivarez M, Guzmán-Gerónimo RI, Rodríguez-Landa JF, & Hernández-Salazar LT. Effect of traditional and non-traditionally processed blue corn tortilla consumption during the gestation of rats in the dentate gyrus of pups. Foods, 2024, 13(22), 3639. Disponible en: https://doi.org/10.3390/foods13223639*

11 *Urquiza-Martínez MV, Fabián-Avilés IM, Torner L, Servín-Campuzano H, González-Avilés M. Integrative Approach of Treating Early Undernutrition with an Enriched Black Corn Chip, Study on a Murine Model. Nutrients. 2024 Jun 24;16(13):2001. Disponible en: doi: 10.3390/nu16132001.*

12 *Liu M, Li S, Guan M, Bai S, Bai W, & Jiang X. Leptin pathway is a crucial target for anthocyanins to protect against metabolic syndrome. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2025, 65(11), 2046-2061. Disponible en: https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2323093*

04

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO

ALIMENTACIÓN Y MICROBIOTA: MODULADORES CLAVES DE LA SALUD CEREBRAL

*Marlene Estefania Campos Morales, Lorena Martínez Alcantar y Jesús Campos García

Laboratorio de Biotecnología Microbiana, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

*Contacto: marlene.campos@umich.mx

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Alimentación y microbiota: moduladores claves de la salud cerebral

Resumen

La alimentación es el punto de partida de nuestra salud mental. Los alimentos que consumimos proporcionan la energía y los nutrientes que el cerebro necesita para funcionar de manera adecuada, lo que a su vez influye en nuestras emociones, pensamientos y comportamientos. Esta influencia se produce a través de la comunicación entre el intestino y el cerebro, en la que la microbiota intestinal participa en la producción de neurotransmisores, estableciendo así un vínculo entre la alimentación y el bienestar mental. Una dieta basada en alimentos frescos, fibra y nutrientes favorece el equilibrio de la microbiota intestinal. En contraste, el consumo frecuente de alimentos ultraprocesados, caracterizados por un alto contenido de azúcares y conservadores, como los embutidos, refrescos o comida instantánea, genera alteraciones en la microbiota provocando efectos negativos sobre la función cerebral y la salud mental.

Palabras clave: cerebro, microbiota, intestino, alimentación

La microbiota intestinal: aliados invisibles de la salud

De manera precisa la microbiota se define como el conjunto de microorganismos (bacterias, hongos, arqueas, eucariotas y virus) que habitan en un entorno específico o en distintas partes del cuerpo humano, como la piel, la boca, el tracto respiratorio o el intestino. Entre todas ellas, la microbiota intestinal es una de las más estudiadas por su estrecha relación con la salud, ya que participa en múltiples procesos fisiológicos esenciales para el funcionamiento del organismo [1].

La microbiota puede encontrarse en dos estados: eubiosis y disbiosis. El estado de eubiosis se caracteriza por tener una microbiota abundante, diversa y en equilibrio con el huésped, por lo que estos microorganismos no generan daño, sino que establecen una relación de beneficio mutuo con el organismo que los alberga. Por el contrario, la disbiosis ocurre cuando distintos factores como la mala alimentación alteran este equilibrio, provocando un menor número y diversidad de microorganismos. Estas alteraciones pueden desencadenar respuestas negativas en el hospedero que se manifiestan como enfermedades o padecimientos, tales como la obesidad, el cáncer, el síndrome de intestino irritable y las enfermedades neurodegenerativas. Es importante destacar que la disbiosis no solo se asocia con trastornos metabólicos relacionados con la alimentación, sino también con alteraciones neurológicas, a través de la conexión entre la microbiota, el intestino y el cerebro, conocida como el eje intestino-cerebro [2, 3].

El eje intestino-cerebro: el diálogo entre la microbiota y el cerebro

El eje intestino-cerebro es una red de comunicación bidireccional que conecta al cerebro con el sistema digestivo. Esta conexión explica por qué las emociones y el estrés pueden afectar la digestión, provocando sensaciones como las “mariposas en el estómago”, esa inquietud o cosquilleo que sentimos cuando estamos nerviosos o ansiosos. A su vez, la salud del intestino también puede influir en el estado de ánimo, la memoria y el bienestar mental.

Esta comunicación se da a través de nervios, como el nervio vago, además de hormonas y señales del sistema inmunológico, y está fuertemente influenciada por la microbiota intestinal. La microbiota intestinal produce sustancias, como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Estos son metabolitos generados cuando la microbiota intestinal fermenta fibra dietética, es decir, cuando la descompone y transforma en compuestos más simples y funcionales para el organismo, los cuales actúan como mediadores clave en el eje intestino-cerebro. Los AGCC contribuyen al funcionamiento del sistema nervioso, influyen en la función cognitiva y emocional, y participan en el mantenimiento de la barrera hematoencefálica, una estructura protectora y selectiva, que regula el paso de sustancias desde la sangre hacia el cerebro. Cuando este eje se altera, ya sea por estrés, mala alimentación o desequilibrios en la microbiota, pueden aparecer alteraciones en la salud mental. De esta manera, una dieta que favorece una microbiota equilibrada contribuye a una comunicación más saludable entre el intestino y el cerebro mientras que una alimentación pobre en nutrientes y alta en alimentos ultraprocesados puede alterar esta conexión, favoreciendo la aparición de trastornos mentales (Fig.1) [4].

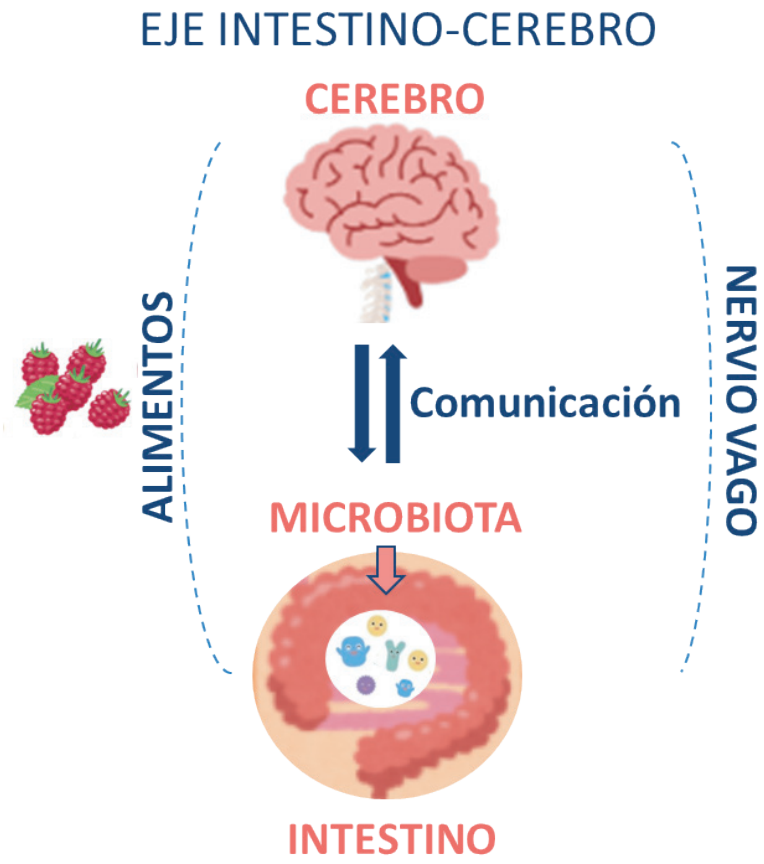


Figura 1. Eje intestino-cerebro. Elaboración propia

La alimentación como moduladora de la salud intestinal

En los últimos años se ha estudiado ampliamente cómo la composición de la dieta puede modificar la microbiota intestinal y cómo estos cambios se relacionan con la salud y la enfermedad. Entre los patrones alimentarios más analizados se encuentran la dieta occidental, la dieta alta en carnes y embutidos, la dieta alta en fibra y la dieta mediterránea [1].

La dieta occidental se caracteriza por su alto aporte calórico, debido a su elevado contenido de grasas y azúcares, un bajo aporte de nutrientes y un consumo frecuente de alimentos ultraprocesados, ricos en aditivos y conservadores. Este tipo de alimentación afecta de manera negativa a la microbiota intestinal, disminuyendo la presencia de microorganismos benéficos (como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*) y favoreciendo el crecimiento de bacterias asociadas a procesos inflamatorios (como *Escherichia coli*) [1].

El consumo moderado de carne puede formar parte de una dieta equilibrada; sin embargo, un consumo excesivo de carnes y embutidos puede generar efectos negativos sobre la microbiota intestinal. Las proteínas de origen animal, al ser degradadas, producen compuestos como amoníaco, índoles y fenoles, que en exceso pueden modificar el pH intestinal y alterar la composición microbiana. Estos cambios pueden dañar las células del intestino, aumentar la permeabilidad intestinal y reducir la producción de AGCC [2].

La fibra se encuentra principalmente en frutas, verduras, legumbres y cereales y es uno de los componentes más beneficiosos para la microbiota intestinal. La fermentación de la fibra por parte de los microorganismos produce principalmente AGCC, los cuales favorecen el crecimiento de bacterias benéficas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, estrechamente asociadas a la salud intestinal [1].

La dieta mediterránea se basa en el consumo de alimentos fermentados, pescado rico en omega-3, aceite de oliva, frutas, verduras, legumbres y cereales integrales, todos ellos alimentos ricos en fibra y compuestos bioactivos (sustancias naturales que aportan efectos positivos en la salud). Este patrón alimentario favorece una mayor producción de AGCC, promueve el crecimiento de microorganismos benéficos y contribuye a mantener la integridad de la barrera intestinal. Como resultado, se reduce el paso de toxinas al torrente sanguíneo. Esto ocurre porque los microorganismos benéficos fortalecen la mucosa intestinal, estimulando la producción de moco y reforzando las uniones entre las células del intestino, dificultando el paso de sustancias dañinas y, en consecuencia, disminuyendo la inflamación. Cuando la microbiota se altera y la barrera intestinal se vuelve más permeable, las toxinas y fragmentos bacterianos pueden cruzar hacia la sangre e incluso llegar al cerebro. Allí, el sistema de defensa del cuerpo las reconoce y entra en un estado de alerta, produciendo sustancias inflamatorias como mecanismo de protección. Al elegir una dieta mediterránea se ve favorecida la salud intestinal, generando efectos positivos que pueden extenderse al bienestar general y mental (Fig. 2) [5, 6].

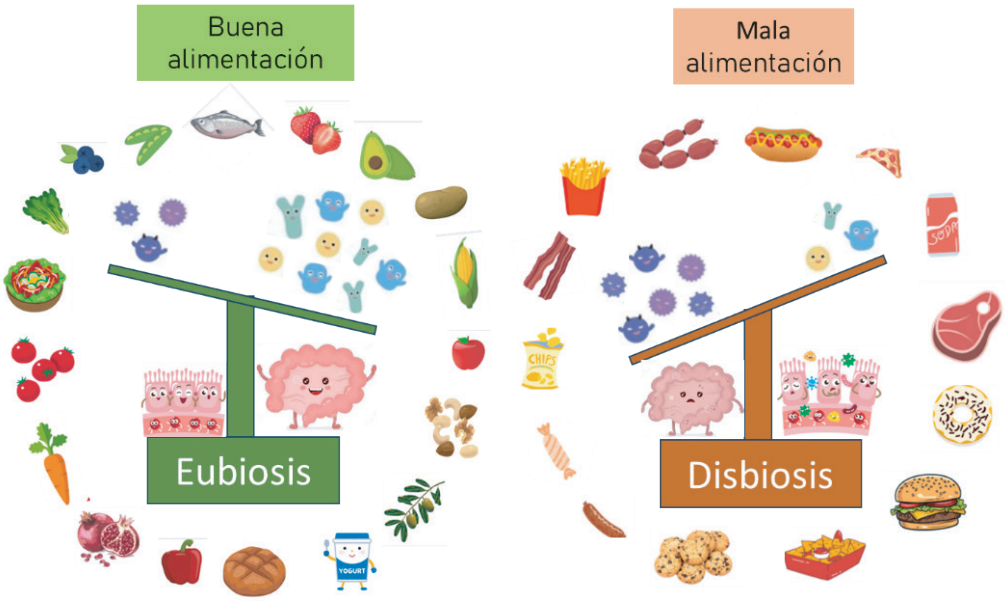


Figura 2. Relación de los alimentos con el estado de la microbiota. Elaboración propia

La microbiota intestinal y su influencia en la salud del cerebro

Diversos estudios han encontrado que los trastornos psiquiátricos y gastrointestinales comparten bases genéticas, lo que refuerza la idea de que el intestino y el cerebro están profundamente conectados.

La alteración de la microbiota se ha relacionado con enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer, el Parkinson y la esclerosis múltiple. Aunque el origen de estas enfermedades aún no se comprende por completo, existe evidencia de que el intestino podría ser uno de los primeros sitios donde se inician los procesos patológicos. En particular, se ha propuesto que la inflamación intestinal y el desequilibrio microbiano pueden contribuir a la progresión de estas enfermedades a través del eje intestino-cerebro, lo que afecta la función neuronal y la salud cerebral a largo plazo. Por otra parte, algunos padecimientos caracterizados por alteraciones en la microbiota se han visto acompañados de "niebla cerebral" (pérdida de memoria y problemas de concentración), los cuales se han abordado con estrategias basadas en la alimentación, como dietas ricas en fibra, alimentos de origen vegetal, así como el uso de probióticos (microorganismos vivos, que administrados en cantidades adecuadas confieren beneficios a la salud intestinal) y prebióticos (compuestos que sirven como alimento selectivo para los microorganismos benéficos del intestino) que han sido sugeridas como herramientas potenciales para apoyar la recuperación y mejoría neurológica (Fig. 3) [4].



Figura 3. Influencia de los alimentos y la microbiota en el estadio del cerebro. Elaboración propia.

Conclusión

Lejos de actuar de forma aislada, el intestino y el cerebro mantienen un diálogo constante a través del eje intestino-cerebro, en el que la microbiota juega un papel central. En este contexto, la alimentación se presenta como una herramienta clave para cuidar no solo la salud intestinal, sino también la salud cerebral. Dietas ricas en fibra, como la dieta mediterránea, favorecen una microbiota equilibrada y pueden contribuir a un mejor bienestar mental. Así, lo que comemos cada día no solo nutre nuestro cuerpo, sino que también influye en nuestras emociones y en cómo nos relacionamos con el mundo.



ALIMENTACIÓN Y MICROBIOTA: MODULADORES CLAVES DE LA SALUD CEREBRAL

Referencias bibliográficas

1 *Ramirez J, Guarner F, Bustos Fernandez L, Maruy A, Sdepanian VL, Cohen H. Antibiotics as major disruptors of gut Microbiota. Front Cell Infect Microbiol [Internet]. 2020; 10:572912. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3389/fcimb.2020.572912*

2 *Merlo G, Bachtel G, Sugden SG. Gut microbiota, nutrition, and mental health. Front Nutr [Internet]. 2024;11:1337889. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2024.1337889*

3 *Icaza-Chávez ME. Microbiota intestinal en la salud y la enfermedad. Revista de gastroenterología de México. 2013;78(4):240–8.*

4 *Doenyas C, Clarke G, Cserjési R. Gut-brain axis and neuropsychiatric health: recent advances. Sci Rep [Internet]. 2025;15(1):3415. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-86858-3*

5 *Perler BK, Friedman ES, Wu GD. The role of the gut Microbiota in the relationship between diet and human health. Annu Rev Physiol [Internet]. 2023;85(1):449–68. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1146/annurev-physiol-031522-092054*

6 *Patloka O, Komprda T, Franke G. Review of the relationships between human gut microbiome, diet, and obesity. Nutrients [Internet]. 2024;16(23):3996. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3390/nu16233996*

05

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO

UN GUSANO QUE ENSEÑA CÓMO FUNCIONA EL CEREBRO

Katia López Torres[1]*, Josué Altamirano Hernández[2] y Asdrúbal Aguilera Méndez[1]

[1]Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, [2]Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: 1720345x@umich.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

Un gusano que enseña cómo funciona el cerebro

Resumen

El cerebro es básicamente el centro de control de nuestro cuerpo. Gracias a él podemos recordar experiencias, aprender cosas nuevas y tomar decisiones todos los días. Sin embargo, como suele pasar con el resto de nuestro cuerpo, trabaja de manera tan eficiente que solemos no tomarlo en cuenta, a menos que comience a fallar ¿Cómo estudia la ciencia el envejecimiento cerebral y enfermedades que afectan el funcionamiento eficaz del cerebro como él Alzheimer o Parkinson si el cerebro humano es tan complejo? Una respuesta sorprendente está en *Caenorhabditis* elegans, un gusano microscópico con un sistema nervioso tan simple, que se conoce la identidad y las conexiones de cada una de las 302 neuronas que lo componen. Este artículo, en el marco de la Semana del Cerebro, explora cómo el estudio de un organismo milimétrico contribuye a entender procesos neurológicos complejos y cómo este conocimiento impacta la vida cotidiana, particularmente en la evaluación científica de suplementos alimenticios y en la promoción de un envejecimiento cerebral saludable.

Palabras clave: cerebro, neurodegeneración, *Caenorhabditis elegans*.

De manera automática utilizamos nuestro cerebro diariamente. Gracias a él recordamos una conversación, aprendemos nuevas habilidades, tomamos decisiones y experimentamos emociones. Sin embargo, rara vez reflexionamos sobre su complejidad hasta que algo deja de funcionar correctamente. Cuando aparecen síntomas de enfermedad, que para el caso del sistema nervioso se llaman enfermedades neurodegenerativas o comúnmente conocidas como problemas de memoria, el cerebro deja de ser invisible y se convierte en una preocupación central para las personas, sus familias y la sociedad.

Un organismo pequeño para preguntas enormes

El cerebro humano es el centro del sistema nervioso y su estudio es sumamente complejo. Está formado por miles de millones de neuronas (células especializadas que transmiten información mediante señales eléctricas y químicas) organizadas en redes altamente especializadas. Comprender cómo se forman estas conexiones, cómo se mantienen a lo largo de la vida y por qué se deterioran con el envejecimiento representa uno de los mayores retos de la ciencia. Además de las dificultades técnicas, existen limitaciones éticas que impiden estudiar directamente muchos de estos procesos en humanos, así como el hecho de que algunos ocurren a lo largo de décadas.

Por esta razón, los científicos utilizan modelos biológicos más simples que permiten analizar los principios básicos del funcionamiento del sistema nervioso en condiciones controladas. Como se muestra en la Figura 1, estos modelos abarcan desde niveles muy simples, como moléculas y células aisladas, hasta organismos completos con distintos grados de complejidad, como el nematodo *Caenorhabditis elegans*, peces, roedores y, finalmente, primates y humanos. Esta progresión permite seleccionar el modelo más adecuado dependiendo del tipo de pregunta científica que se desee responder.

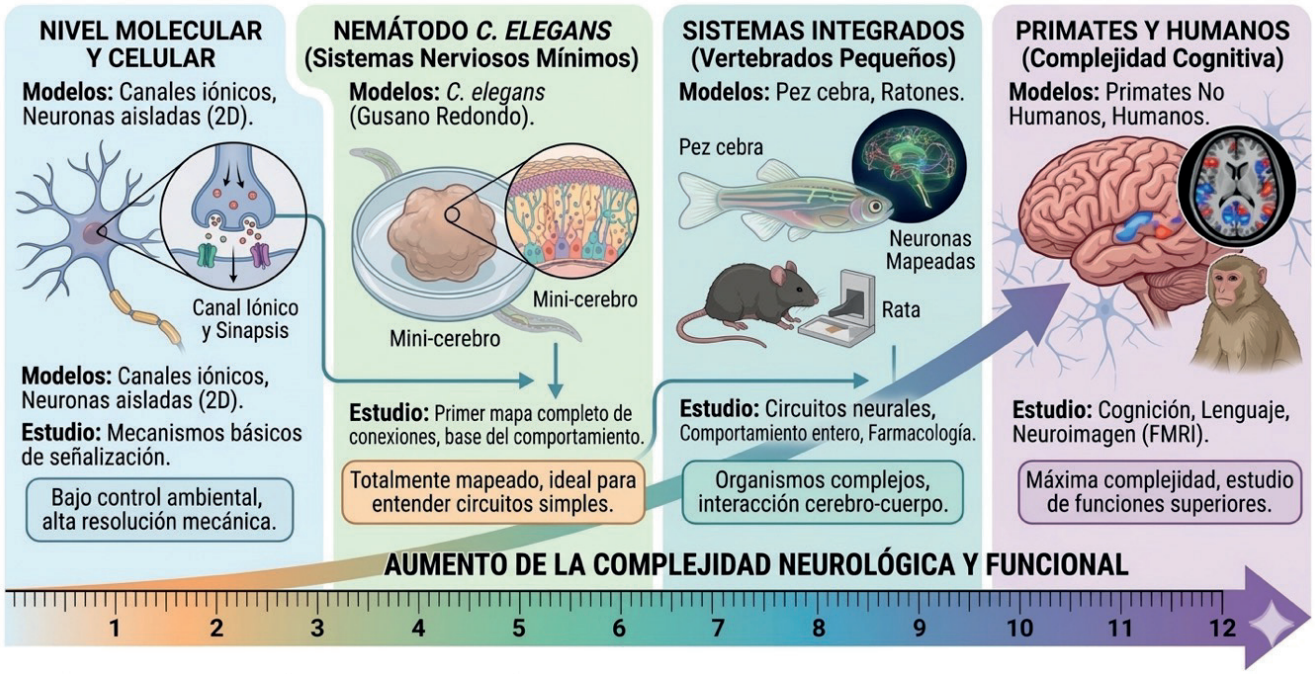


Figura 1. De lo simple a lo complejo: modelos biológicos para el estudio del cerebro. Diagrama comparativo que ilustra la escala de complejidad biológica y funcional en la neurociencia. Se observa la progresión desde el nivel molecular y celular (canales iónicos y neuronas aisladas), pasando por organismos con sistemas nerviosos mínimoscomo el nematodo C. elegans (totalmente mapeado), hasta alcanzar sistemas integrados en vertebrados (pez cebra y ratones) y la máxima complejidad cognitiva en primates y humanos. Esta jerarquía permite a los investigadores seleccionar el modelo más adecuado según el enfoque del estudio y las limitaciones éticas. Elaboración propia en google GEMINI.

Uno de los modelos más influyentes en la neurociencia es *Caenorhabditis elegans*, un nematodo del suelo de aproximadamente un milímetro de longitud, cuya apariencia simple y transparente contrasta con su gran impacto científico, ya que desde la década de 1970 ha sido ampliamente utilizado como modelo experimental debido a su corto ciclo de vida y a que su sistema nervioso ha sido completamente descrito [1,2].

En este contexto, *C. elegans* ocupa un lugar intermedio clave, ya que, a pesar de su simplicidad, comparte con los humanos características fundamentales del sistema nervioso. Por ejemplo, sus neuronas utilizan neurotransmisores similares (moléculas que permiten la comunicación entre células nerviosas) y presentan procesos celulares comparables, como la respuesta al daño oxidativo (alteraciones causadas por moléculas inestables que pueden dañar la célula) y la regulación del envejecimiento. Estas semejanzas permiten estudiar mecanismos básicos relacionados con enfermedades neurodegenerativas en un organismo más accesible.

No obstante, también existen diferencias importantes. A diferencia del cerebro humano, que posee una enorme complejidad estructural y funcional, C. elegans cuenta con un número reducido de neuronas y carece de regiones especializadas responsables de funciones cognitivas superiores como el lenguaje o la toma de decisiones. Por ello, aunque este modelo es muy útil para entender procesos fundamentales, sus resultados deben interpretarse con cautela y complementarse con estudios en organismos más complejos [2].

302 neuronas que cambiaron la neurociencia

Uno de los mayores logros alcanzados gracias a *C. elegans* fue la elaboración del primer mapa completo de un sistema nervioso (Fig. 2), conocido como conectoma. Los científicos lograron identificar cada una de sus neuronas y todas sus conexiones, algo que hasta hoy no se ha conseguido plenamente en el cerebro humano debido a su enorme complejidad [2]. Este avance permitió demostrar que el comportamiento de un organismo depende no solo del número de neuronas, sino de cómo estas se conectan entre sí, un principio central en la neurociencia moderna.

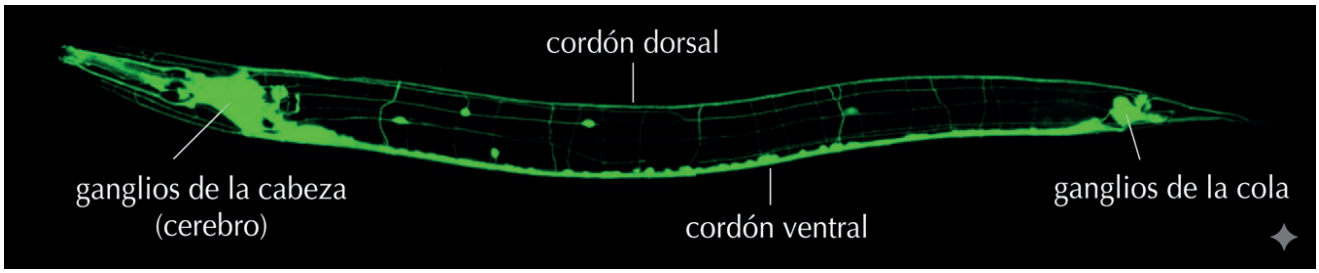


Figura 2. Representación esquemática del sistema nervioso de Caenorhabditis elegans. Micrografía de fluorescencia que muestra la arquitectura neuronal del nematodo, destacando los ganglios de la cabeza (cerebro), los cordones nerviosos dorsal y ventral, y los ganglios de la cola. Esta red constituye la base estructural del primer conectoma completo mapeado en un organismo multicelular. Imagen adaptada de Hutter Lab, Simon Fraser University.

C. elegans ha sido clave para demostrar de manera directa la relación entre actividad neuronal y comportamiento. Gracias a su simplicidad, los científicos pudieron observar cómo un conjunto reducido de neuronas controla actividades específicas, como el movimiento, la alimentación o la respuesta a estímulos del entorno [3]. Estos estudios ayudaron a responder una pregunta fundamental: ¿Cómo una señal neuronal se traduce en una acción observable?, un principio aplicable también al cerebro humano.

El estudio de *C. elegans* también ha permitido comprender cómo los genes controlan el desarrollo y la función del sistema nervioso. En este organismo se identificaron genes responsables del crecimiento de las neuronas, de la formación de circuitos neuronales y de la comunicación entre células nerviosas. Muchos de estos genes tienen equivalentes en humanos, lo que ha permitido establecer que los mecanismos básicos de construcción del sistema nervioso están conservados entre especies [1]. Este conocimiento sentó las bases para entender trastornos del neurodesarrollo y enfermedades neurológicas.

Uno de los aportes más relevantes de este nematodo al estudio del cerebro ha sido su contribución al entendimiento del envejecimiento neuronal (Fig. 3). Debido a su corto ciclo de vida (alcanza la etapa adulta en alrededor de tres días y vive entre dos y tres semanas), *C. elegans* permite observar, en tiempo real, cómo las neuronas cambian con la edad. Se ha demostrado que el envejecimiento es el principal factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas y que este proceso está asociado con cambios progresivos en la función neuronal [3,4].

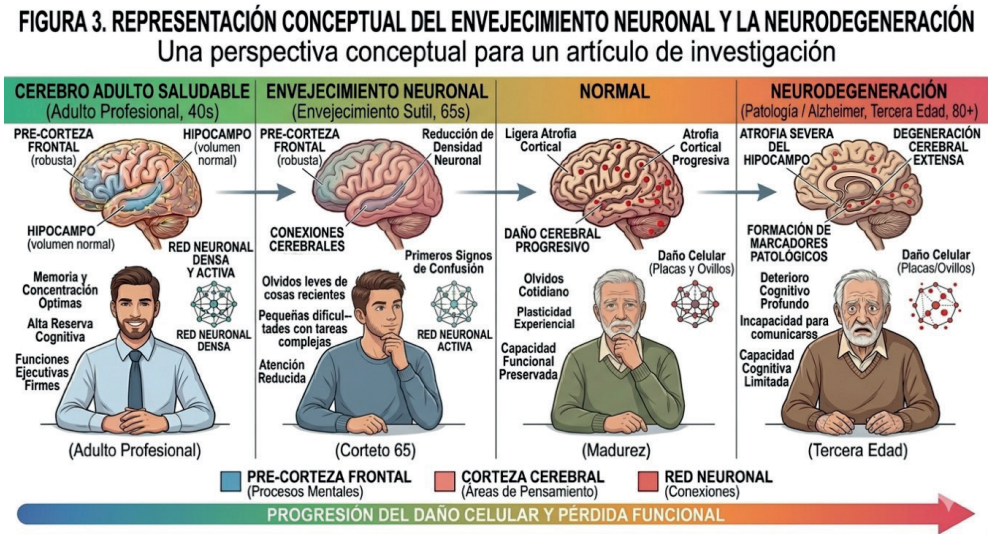


Figura 3. Representación conceptual del envejecimiento neuronal y la neurodegeneración. Diagrama comparativo que ilustra la progresión desde un estado cerebral saludable hasta la patología neurodegenerativa severa. La figura destaca el contraste fundamental entre el envejecimiento neuronal normal, caracterizado por cambios sutiles y preservación funcional, y la neurodegeneración (asociada a enfermedades como el Alzheimer), que presenta una atrofia cerebral masiva y la acumulación patológica de marcadores. C. elegans es un modelo clave para desentrañar los mecanismos biológicos que separan estos dos caminos. Elaboración propia en Google GEMINI.

Un gusano sirve como modelo de enfermedades neurodegenerativas humanas

En este pequeño organismo se han recreado en el laboratorio algunos de los primeros cambios que ocurren en enfermedades como el Alzheimer y el Parkinson, permitiendo observar cómo comienzan a desarrollarse. Estos modelos permiten observar cómo la acumulación de proteínas (moléculas presentes en todas las células del cuerpo que cumplen funciones esenciales, como dar estructura, transportar sustancias y permitir que ocurran reacciones químicas necesarias para la vida) anormales afectan la función y supervivencia de las neuronas. Gracias a estos estudios, se fortaleció la idea de que la acumulación de proteínas mal plegadas (proteínas que pierden su forma y se acumulan) es tóxica para el sistema nervioso, un concepto clave en la investigación actual de estas enfermedades [3].

En los últimos años, este modelo ha sido ampliamente utilizado para evaluar el efecto de suplementos alimenticios (vitaminas, antioxidantes, etc.) sobre la salud cerebral. Muchas personas consumen suplementos con la expectativa de mejorar su bienestar o prevenir el deterioro cognitivo, pero no siempre existe evidencia científica que respalde estos efectos. El uso de *C. elegans* permite evaluar de manera controlada si estos compuestos influyen positivamente en la función neuronal, en la respuesta al estrés o en el envejecimiento cerebral [5, 6].

Un ejemplo de ello es un estudio en el que se evaluaron compuestos antioxidantes (sustancias que ayudan a proteger a las células del daño causado por moléculas inestables conocidas como radicales libres) presentes en suplementos alimenticios, como el ácido alfa-lipoico y la epigalocatequina-3-galato (EGCG), un compuesto del té verde. En modelos de *Caenorhabditis elegans*, estos compuestos mostraron efectos sobre procesos relacionados con el envejecimiento y el estrés celular. En particular, se observó que estos compuestos podían influir en la supervivencia del organismo, en su respuesta frente al daño oxidativo (un proceso celular en el que se generan moléculas inestables que pueden dañar componentes importantes de la célula, como proteínas, lípidos y ADN) y en la mejora de funciones relacionadas con la memoria, contribuyendo a prevenir su deterioro. Este tipo de estudios no implica que los suplementos sean una solución definitiva, pero permite evaluar de manera controlada sus posibles beneficios y riesgos a nivel celular antes de considerar investigaciones más complejas [6].

Es muy importante destacar que este tipo de investigación sobre el efecto de suplementos alimenticios no busca ofrecer soluciones milagrosas, sino generar evidencia científica sólida que permita tomar decisiones informadas. En modelos como *C. elegans*, es posible observar directamente cómo estos compuestos afectan a neuronas individuales, evaluando tanto su posible beneficio como su seguridad. Así, la investigación básica se convierte en un puente entre el laboratorio y la vida diaria, ayudando a distinguir entre información confiable y promesas sin fundamento (Fig. 4).

FIGURA 4. DE LA INVESTIGACIÓN BÁSICA EN *CAENORHABDITIS ELEGANS* AL IMPACTO EN LA VIDA DIARIA
Una perspectiva conceptual para un artículo de investigación

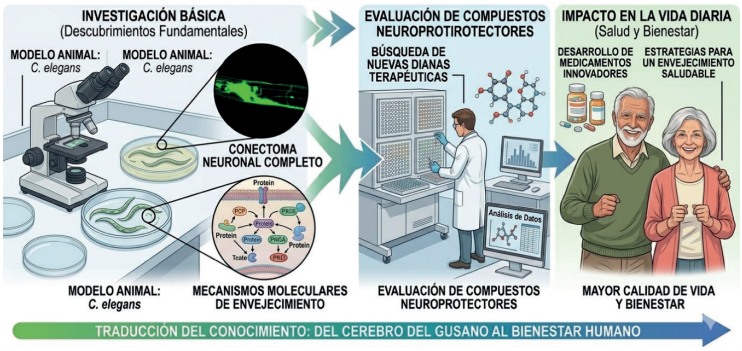


Figura 4. De la investigación básica en Caenorhabditis elegans al impacto en la vida diaria. Imágen que ilustra el proceso de traslación científica. A la izquierda, se representa la investigación básica (estudio del conectoma y mecanismos moleculares en el laboratorio); en el centro, la fase de evaluación y filtrado de compuestos neuroprotectores; y a la derecha, el impacto social, que se traduce en un envejecimiento saludable, medicamentos seguros y la capacidad de los ciudadanos para tomar decisiones basadas en evidencia científica sólida. Elaborada en Google GEMINI.

Del microscopio a la vida diaria

El estudio del cerebro no se limita a comprender la enfermedad, sino que también busca mejorar la calidad de vida durante el envejecimiento. Mantener un cerebro sano implica hábitos cotidianos como una alimentación equilibrada, actividad física y mental, así como el acceso a información basada en evidencia científica. Detrás de estas recomendaciones existe un esfuerzo constante de investigación que, en muchos casos, comienza con organismos tan pequeños como *Caenorhabditis elegans*.

Desde nuestra experiencia en el estudio de modelos biológicos, consideramos que uno de los mayores aportes de *C. elegans* no es solo su simplicidad, sino su capacidad para revelar principios fundamentales que luego orientan investigaciones más complejas. Antes de que una recomendación llegue a la vida cotidiana, existe un proceso riguroso de validación científica que comienza, muchas veces, en organismos microscópicos. Entender este recorrido permite dimensionar el valor de la

investigación básica y reconocer que el conocimiento sólido se construye con evidencia, tiempo y responsabilidad.

Eventos académicos, como la Semana del Cerebro, nos recuerdan que la ciencia no es ajena a nuestra vida diaria. Desde el laboratorio hasta nuestras decisiones cotidianas, la investigación en neurociencia tiene el potencial de transformar la manera en que entendemos la salud, el envejecimiento y el bienestar. Así, un gusano microscópico se convierte en un aliado inesperado para responder grandes preguntas sobre uno de los órganos más fascinantes del ser humano: el cerebro.

Referencias bibliográficas

1 *Martins IJ. Nutritional and nutraceutical interventions in the prevention and treatment of neurodegenerative diseases. Current Pharmaceutical Design. 2016;22(8):1041–1056. Brenner S. The genetics of Caenorhabditis elegans. Genetics, 1974, 77(1): pp. 71–94. Disponible en: https://doi.org/10.1093/genetics/77.1.71*

2 *White JG, Southgate E, Thomson JN, Brenner S. The structure of the nervous system of the nematode Caenorhabditis elegans. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 1986, 314(1165): pp. 1–340. Disponible en: https://doi.org/10.1098/rstb.1986.0056*

3 *Calahorro F, Ruiz-Rubio M. Caenorhabditis elegans as an experimental model for research on aging and neurodegenerative diseases. Advances in Experimental Medicine and Biology, 2011, 694: pp. 1–20. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7002-2_1*

4 *Hou Y, Dan X, Babbar M, Wei Y, Hasselbalch SG, Croteau DL, Bohr VA. Ageing as a risk factor for neurodegenerative disease. Nature Reviews Neurology, 2019, 15(10): pp. 565–581. Disponible en: https://doi.org/10.1038/s41582-019-0244-7*

5 *Mattson MP, Arumugam TV. Hallmarks of brain aging: Adaptive and pathological modification by metabolic states. Cell Metabolism, 2018, 27(6): pp. 1176–1199. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.05.011*

6 *Martins IJ. Nutritional and nutraceutical interventions in the prevention and treatment of neurodegenerative diseases. Current Pharmaceutical Design, 2016, 22(8): pp. 1041–1056. Disponible en: https://doi.org/10.2174/1381612822666151210093528*

06

SECCIÓN SEMANA DEL CEREBRO

¿EL AYUNO Y EL EJERCICIO TE AYUDAN A SER MÁS LISTO?

Raziel Alejandro Arias-Sánchez* y Bertha Fenton Navarro

Laboratorio de Glicobiología y Farmacognosia de la División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: raziel.alejandro.arias@umich.mx**

REVISTA C+Tec Divulgar para Transformar

icti.michoacan.gob.mx

¿El ayuno y el ejercicio te ayudan a ser más listo?

Resumen

El cerebro utiliza la glucosa como principal fuente de energía, sin embargo, se ha descubierto que utilizar otras moléculas denominadas cetonas, como fuente de energía alternativa para el cerebro puede tener muchos beneficios, como mejorar nuestra salud cerebral, aumentar nuestras capacidades para aprender, memorizar y responder ante situaciones mentales que se nos presenten en el día a día, previniendo y disminuyendo enfermedades y trastornos cerebrales. Estas mejoras en nuestro cerebro se deben a que la presencia de cetonas aumenta la cantidad de mensajeros químicos y proteínas que favorecen la salud neuronal y, en general, la salud cerebral. Una forma de aumentar la cantidad y el uso de las cetonas como fuente de energía en el cerebro y, de esta manera, obtener mejoras cerebrales, es practicar ayunos y hacer ejercicio, lo que además reduce la probabilidad de padecer enfermedades metabólicas. Estos ayunos siempre deben realizarse bajo supervisión profesional para evitar efectos adversos en la salud.

Palabras clave: Cetonas, ayuno intermitente, cerebro, neurona.

Al alimentarnos, la glucosa en nuestro cuerpo aumenta y se utiliza como principal fuente de energía, actuando como la gasolina del cuerpo y permitiéndonos realizar diversas actividades, tanto físicas como mentales. De todos nuestros órganos, el cerebro es el que más glucosa requiere, consumiendo alrededor del 25% de la glucosa presente en nuestro cuerpo. Dentro del cerebro tenemos las neuronas, que son las células más importantes de este órgano, ya que gracias a ellas podemos pensar, aprender, hablar, escribir, recordar, enviar señales desde el cerebro al cuerpo para movernos, entre otras actividades increíbles [1, 2].

El cerebro es capaz de utilizar otras moléculas, llamadas cetonas, como combustible durante periodos de ayuno o en dietas reducidas en carbohidratos; se adapta y las emplea como una alternativa energética eficiente [2, 3].

Síntesis de cetonas: ayuno y ejercicio

La glucosa obtenida de los alimentos proporciona energía para el correcto funcionamiento del cuerpo. Si comes y no requieres tanta glucosa en ese momento, por ejemplo, cuando disfrutas tus "snacks" favoritos en el cine, el cuerpo almacena ese excedente de glucosa en forma de glucógeno en el hígado y en los músculos para utilizarla cuando la requieras. En caso de que comas muchas golosinas y el almacenamiento de glucógeno llegue al máximo, la glucosa se convertirá en grasa, lo que da lugar a esos terribles gorditos y lonjitas. Ahora bien, cuando nos encontramos en ayuno y se han agotado la glucosa y la reserva de glucógeno, el cuerpo utiliza esta grasa para generar energía, produciendo cetonas. El cambio de utilizar cetonas en lugar de glucosa como fuente de energía se conoce como "cambio metabólico" [3, 4, 5, 6].

Como ya se mencionó, este proceso solo ocurre en periodos de ayuno. Pero ¿Qué es el ayuno? Bueno, es un período intencional de al menos 12 horas, durante el cual uno se abstiene de comer. Esta práctica y sus beneficios se conocen desde la antigüedad en contextos médicos y espirituales. Por ejemplo, Platón escribió "Ayuno para una mayor eficiencia física y mental" [5]. Las cetonas generadas por ayuno intermitente y/o ejercicio físico exigente se producen en el hígado y son transportadas por la sangre al cerebro; además, los astrocitos (otras células cerebrales) también son capaces de

producir cetonas, lo que aumenta la abundancia y disponibilidad de estos compuestos y permite que sean aprovechados por las neuronas, posibilitando diferentes estrategias para mejorar el metabolismo y la función cerebral (efecto neuroprotector) [1, 7] (Fig. 1).

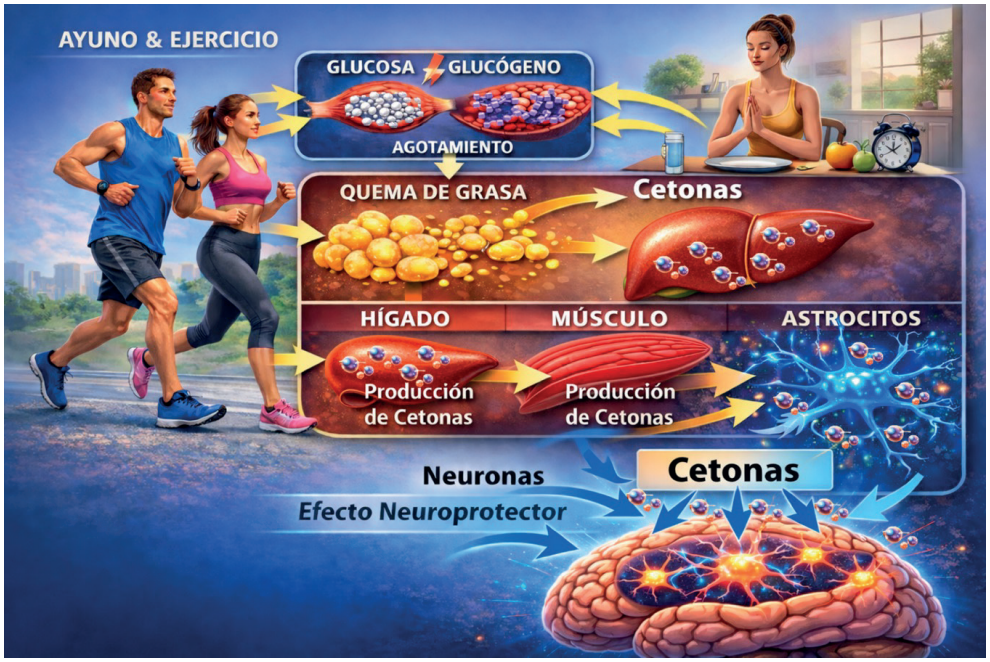


Figura 1. Síntesis de cetonas durante el ayuno y el ejercicio. Las cetonas producidas en el hígado y astrocitos por el uso de las grasas como fuente de energía llegan al cerebro provocando efectos neuroprotectores. Elaborado con ChatGPT.

Efecto de las cetonas en el cerebro y las neuronas

El ayuno se volvió de interés médico desde 1900, cuando el científico Shelton H. postuló que el ayuno es el método propio de la naturaleza para liberar al cuerpo del exceso de nutrientes en los tejidos enfermos, así como de la acumulación de desechos y toxinas [5]. La famosa "dieta cetogénica" fue desarrollada en 1920 por el Dr. Wilder R. como tratamiento para la epilepsia y, desde entonces, se ha estudiado el uso de las cetonas como tratamiento para el cáncer, la diabetes, los trastornos cerebrales y las enfermedades cardiovasculares y cerebrales [1]. Se ha encontrado que las neuronas al utilizar las cetonas como fuente de energía pueden mejorar diferentes procesos como la adaptabilidad del cerebro y sistema nervioso para responder a experiencias, aprendizajes, entorno o lesiones, incrementar la supervivencia y generación de nuevas neuronas, mejorar la comunicación neuronal, ayudar a prevenir y retrasar lesiones y enfermedades en el sistema nervioso y cerebro, disminuir la ansiedad y la depresión, así como mejorar la memoria y el aprendizaje, la función motora, disminuir la inflamación, entre otros (Fig. 2). Además, los beneficios para la salud, no son solo para el cerebro, sino para todo el cuerpo. [3, 5, 6, 8].

Las funciones cerebrales mejoran debido a que las cetonas ayudan a aumentar el ahorro y el control de la glucosa ante variaciones energéticas repentinas, ya que una característica común en las enfermedades y trastornos cerebrales es la disminución de la disponibilidad y la absorción de glucosa, lo que, a su vez, provoca estrés oxidativo (producción de sustancias dañinas) [1, 3], causando inflamación, alteraciones de la comunicación, de la estructura y muerte neuronal. También las neuronas, al utilizar las cetonas, aumentan la cantidad de neurotransmisores, que son mensajeros químicos que permiten a las neuronas comunicarse entre sí para transmitir órdenes a todo el cuerpo y que pueden tener efectos tanto de activación como de desactivación celular.

Los principales neurotransmisores que aumentan son: el glutamato (principal activador neuronal); el ácido gamma-aminobutírico (considerado el más relajante, que previene la ansiedad y las convulsiones); la serotonina (mejora el estado de ánimo, el sueño, el apetito y la cognición); la noradrenalina (la atención) y la dopamina (la satisfacción y la recompensa) [3, 5]. Además, las cetonas mejoran las funciones cerebrales porque aumentan la cantidad de neurotrofinas, que son proteínas que actúan como "fertilizante" cerebral, favoreciendo que las neuronas nazcan, crezcan, se mantengan sanas y sobrevivan. Este aumento se debe a que las cetonas actúan como una señal de "alerta" para el resto del cuerpo, para que el cerebro comprenda que la glucosa ya no se está utilizando como fuente de energía (Fig. 2). Las neurotrofinas son súper importantes para el correcto funcionamiento de neuronal y cerebral, ya que mejoran la resistencia al estrés neuronal y la cognición [3, 5, 6].

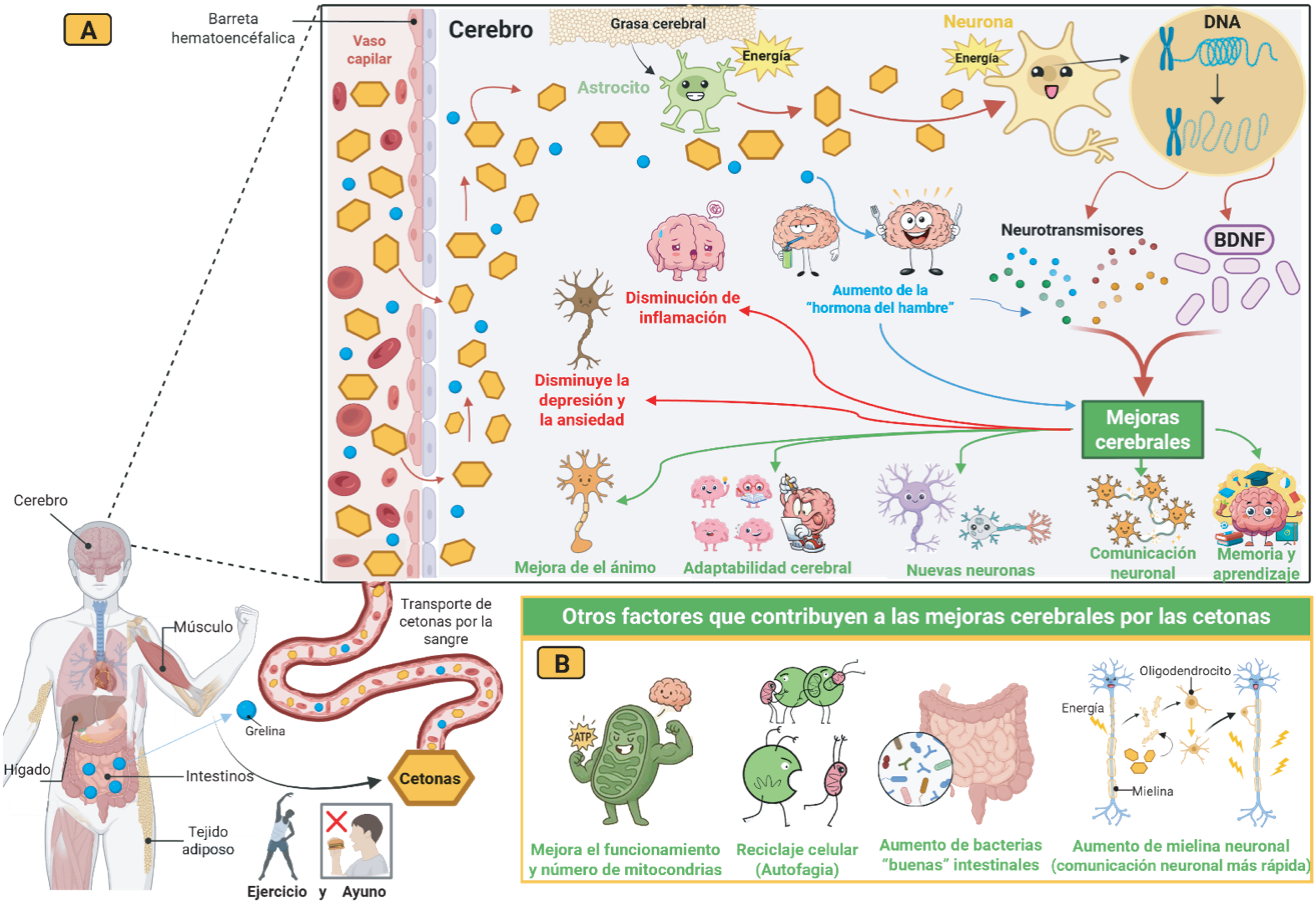


Figura 2. Efectos cerebrales y neuronales por el uso de cetonas como fuente de energía. (A) Las cetonas generadas en el hígado son transportadas por la sangre hacia el cerebro. Estas cetonas, más las producidas por los astrocitos, provocan el desenrollamiento del ADN, aumentando la cantidad de moléculas que generan mejoras cerebrales como neurotransmisores y neurotrofinas (por ejemplo, el Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro, BDNF por sus siglas en inglés). Además, la hormona del hambre (grelina o ghrelina) producida en el intestino en respuesta al ayuno se transporta al cerebro, favoreciendo la salud cerebral. (B) La mejora del funcionamiento y número de mitocondrias controla la producción de energía; el reciclaje celular mejora la reparación de las células; el aumento de bacterias buenas mejora la digestión y el aprovechamiento de alimentos; el aumento de mielina en las neuronas provoca una comunicación más rápida y duradera, haciendo que las señales lleguen a más neuronas (la electricidad pasa más rápido y en mayor cantidad). Estos factores contribuyen al mejoramiento del funcionamiento, supervivencia y estado antioxidante neuronal, y resistencia a enfermedades cerebrales. Elaborado con Biorender.

El aumento de neurotrofinas, a su vez, provoca que aumente la cantidad de conexiones (sinapsis), que estas sean más fuertes y duraderas entre las neuronas, lo que favorece una mayor cantidad de neurotransmisores y neurotrofinas. Este incremento de conexiones se reflejará en una mayor capacidad de las personas para aprender, memorizar, razonar y, en general, comprender mejor su entorno y actuar o responder con mayor eficacia (Fig. 2) [6].

En animales de laboratorio, el ayuno intermitente extiende la esperanza de vida promedio hasta en un 40% y protege contra las principales enfermedades crónicas, como el cáncer, la diabetes, síndrome de ovario poliquístico y la enfermedad renal, así como otras enfermedades cerebrales como el Parkinson, autismo, Alzheimer y esclerosis lateral amiotrófica [3, 6, 8] y estos beneficios pueden aumentar en relación con la severidad y duración del ayuno y por lo tanto, a la cantidad de cetonas que se produzcan [5]. En cambio, un estilo de vida sedentario, la obesidad, la diabetes y el consumo excesivo de calorías aumentan el riesgo de padecer enfermedades cerebrales y metabólicas. Por eso, el ejercicio y la moderación de la ingesta energética reducen el riesgo de enfermedad y mejoran nuestra salud cerebral y general [1, 5, 9, 10]. Además, se ha observado que el ayuno y el ejercicio son las formas más fáciles, rápidas y factibles de integrar en la vida cotidiana para generar cetonas y obtener mejores resultados cognitivos, pérdida de peso y control de enfermedades metabólicas [5].

Los efectos adversos que podrían presentarse al realizar los ayunos intermitentes de manera inadecuada, incluirían hambre, dolor de cabeza, mareos, estreñimiento, atracones, fatiga, deshidratación, debilidad, sensación de frío, irritabilidad y mal aliento. Además, el ayuno no se recomienda para algunas subpoblaciones: niños, preadolescentes, personas con trastornos alimentarios o desequilibrios hormonales, mujeres embarazadas o lactantes, personas con trastornos hepáticos, hipoglucemia, diabetes tipo 1 y personas con déficit de nutrientes [5, 9].

Por último, hay que recalcar que un exceso habitual de calorías es tan perjudicial como un déficit calórico constante, ya que puede afectar la salud y la supervivencia [10, 11]. Se requieren estudios que establezcan las condiciones ideales y precisas para que los ayunos intermitentes tengan efecto en la función cerebral óptima y en la resistencia a las enfermedades sin llegar a presentar efectos adversos graves. Este incremento en el conocimiento de las condiciones del ayuno permitirá que los especialistas médicos o nutricionales, los cuales siempre deben de acompañar estos procesos, tengan más información para recomendar de una forma certera las condiciones de ayuno para cada uno de los pacientes, permitiendo que dentro de nuestro cuerpo y cerebro siempre exista la cantidad y tipo de gasolina correcta para aumentar nuestras capacidades intelectuales, haciéndonos ¡más listos y gozar de una mejor salud mental y general!.



Referencias bibliográficas

1 *Jensen NJ, Wodschow HZ, Nilsson M, Rungby J. Effects of Ketone Bodies on Brain Metabolism and Function in Neurodegenerative Diseases. Int J Mol Sci. 2020, 21(22): 8767. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ijms21228767*

2 *Golpour-Hamedani S, Askari G, Khorvash F, Kesharwani P, Bagherniya M, Sahebkar A. The potential protective effects and mechanisms of fasting on neurodegenerative disorders: A narrative review. Brain Res. 2025 15;1849:149348. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.brainres.2024.149348.*

3 *Mattson MP, Moehl K, Ghena N, Schmaedick M, Cheng A. Intermittent metabolic switching, neuroplasticity and brain health. Nat Rev Neurosci. 2018, 19(2): 63-80. Disponible en: https://doi.org/10.1038/nrn.2017.156.*

4 *Fukao T, Lopaschuk GD, Mitchell GA. Pathways and control of ketone body metabolism: on the fringe of lipid biochemistry. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 2004, 70(3): 243-51. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.plefa.2003.11.001.*

5 *Brogi S, Tabanelli R, Puca S, Calderone V. Intermittent Fasting: Myths, Fakes and Truth on This Dietary Regimen Approach. Foods. 2024, 13(13):1960. Disponible en: https://doi.org/10.3390/alimentos13131960.*

6 *Renjun Lv, Liu B, Jiang Z, Zhou R, Liu X, Lu T, Bao Y, Huang C, Zou G, Zhang Z, Lu L, Yin Q. Intermittent fasting and neurodegenerative diseases: Molecular mechanisms and therapeutic potential. Metabolism. 2025, 164:156104. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.metabol.2024.156104.*

7 *Dilliraj LN, Schiuma G, Lara D, Strazzabosco G, Clement J, Giovannini P, Trapella C, Narducci M, Rizzo R. The Evolution of Ketosis: Potential Impact on Clinical Conditions. Nutrients. 2022, 14(17): 3613. Disponible en: https://doi.org/10.3390/nu14173613.*

8 *Camandola S, Mattson MP. Brain metabolism in health, aging, and neurodegeneration. EMBO J. 2017, 36(11): 1474-1492. Disponible en: https://doi.org/10.15252/embj.201695810.*

9 *Zhao Y, Jia M, Chen W, Liu Z. The neuroprotective effects of intermittent fasting on brain aging and neurodegenerative diseases via regulating mitochondrial function. Free Radic Biol Med. 2022, 182: 206-218. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2022.02.021.*

10 *Ballon A, Neuenschwander M, Schlesinger S. Breakfast Skipping Is Associated with Increased Risk of Type 2 Diabetes among Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. J Nutr. 2019, 149(1): 106-113. Disponible en: https://doi.org/10.1093/jn/nxy194.*

11 *Sievert K, Hussain SM, Page MJ, Wang Y, Hughes HJ, Malek M, Cicuttini FM. Effect of breakfast on weight and energy intake: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. BMJ. 2019, 364: l42. Disponible en: https://doi.org/0.1136/bmj.l42.*



REVISTA C+Tec: KIDS

Divulgar para Transformar

Célula City: ¡Una aventura microscópica en tu interior!

Ana María Huerta Olalde[1]* y Oscar Guzmán Virgen[2]
[1]Instituto de Investigaciones Químico- Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH); [2]División Centro Occidente, Distribución, Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Contacto: amhuerta@umich.mx

¿Alguna vez te has preguntado qué pasa con la comida después de darle un mordisco? ¡Bienvenidos a Célula City! Una ciudad oculta en lo más profundo de tu cuerpo donde el trabajo no se detiene y sus habitantes –todos ellos células, como adipocitos, miocitos y hepatocitos– trabajan sin descanso para mantenernos con vida.



En esta ciudad, la energía es la ley, y sus ciudadanos saben cuándo usarla, guardarla o producirla, porque de ella depende la vida. Sin embargo, Célula City no siempre funciona igual. Su historia está marcada por dos grandes momentos del cuerpo: la era de la abundancia, cuando hay alimento, y la era del ayuno, cuando no lo hay.

Todo comienza después de comer, cuando el cielo de Célula City se ilumina con una lluvia de esferas brillantes: pero no son esferas cualesquiera, la glucosa es como un dulcecito lleno de energía que da fuerza al instante para correr y jugar, los aminoácidos son como piecitas de LEGO, que sirven para construir cosas nuevas y hacer la ciudad más fuerte y las grasas son como baterías mágicas que se guardan para cuando ya no hay dulcecitos.





Cuando esta lluvia llega, la Reina insulina aparece, sonriente, vestida de verde y oro, agita su cetro para abrir unos portales mágicos llamados GLUT.

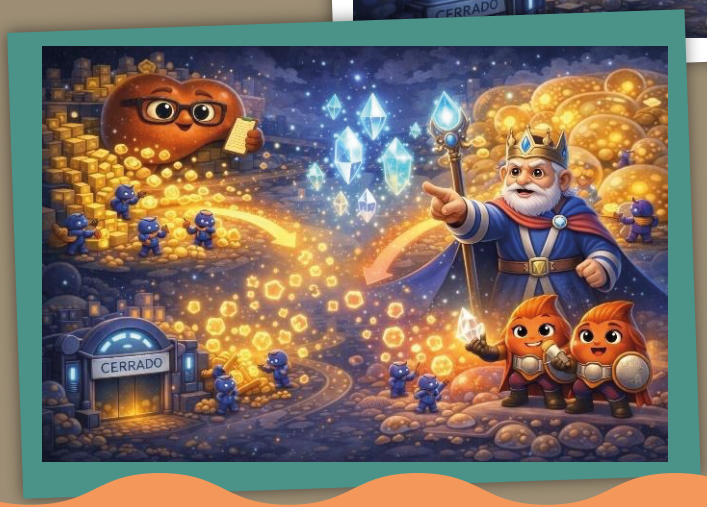
Bajo el mando de la Reina insulina, la ciudad se transforma y los barrios de la ciudad trabajan en armonía. En el barrio músculo, sus habitantes llamados miocitos atrapan la glucosa y la convierten en chispas de energía instantánea mediante un proceso llamado glucólisis para que puedas correr, brincar y saltar. En el barrio hígado, encontramos a los hepatocitos, son muy organizados; almacenan la glucosa cuidadosamente como cubos brillantes llamados glucógeno, como si fueran reservas para usar después cuando la ciudad lo necesite. Mientras tanto, en el barrio grasa, los expertos llamados adipocitos guardan la energía extra en suaves globos luminosos llamados triglicéridos en un proceso conocido como lipogénesis.

Pero hay algo muy especial en Célula City: la construcción nunca ocurre en un solo lugar. A diferencia de otros servicios de la ciudad, que solo existen en ciertos barrios, los aminohéroes están en todas partes al mismo tiempo. No viven en un solo sitio, sino que trabajan dentro de cada rincón de la ciudad. No importa si estás en el barrio músculo, en el barrio hígado o en cualquier otro lugar de la ciudad… en cada célula existe un pequeño taller de construcción. Ahí, los aminohéroes utilizan sus piezas especiales, los aminoácidos, para crear todo lo que la ciudad necesita: proteínas, que son como ladrillitos que ayudan a reparar y fortalecer las paredes; enzimas, que son herramientas mágicas que hacen que todo el trabajo ocurra más rápido; y estructuras celulares, que mantienen a la ciudad fuerte y organizada. Así, aunque cada barrio tiene su propia función, todas las células comparten la misión de construir y reparar, trabajando juntas para que Célula City siga viva, fuerte y en perfecto equilibrio.



Cuando pasan las horas y dejas de comer, la lluvia de esferas brillantes desaparece, los portales GLUT se cierran y la Reina insulina descansa. Entonces comienza la era del ayuno, es el turno del Rey glucagón, el guardián de azul y plata, sabio y sereno. Su misión no es construir, sino proteger a la ciudad usando las reservas almacenadas.



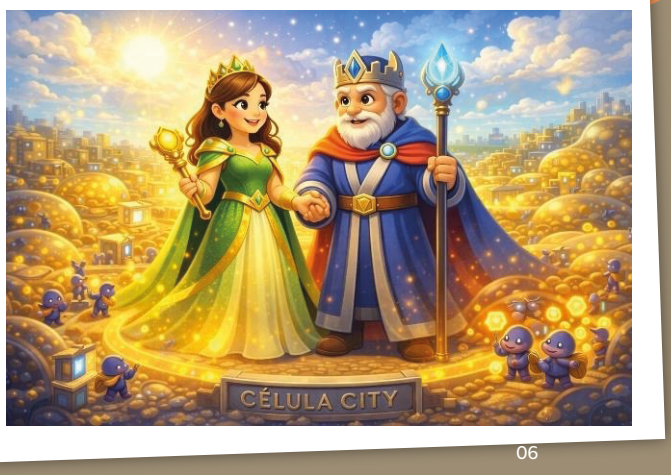




Rápidamente, el barrio hígado abre sus bodegas y desarma el glucógeno antes formado para enviar glucosa a las calles mediante un proceso denominado glucogenólisis. El barrio grasa libera energía en un proceso llamado lipólisis, y el barrio músculo aprende a moverse con mayor cuidado para ahorrar combustible.

Si el ayuno dura mucho, el barrio hígado activa una estrategia especial para mantener la energía de Célula City. Sus células producen cuerpos cetónicos, pequeñas moléculas que funcionan como combustibles alternativos y viajan por la ciudad para alimentar al cerebro cuando la glucosa comienza a escasear, permitiendo que sigas pensando y soñando. Al mismo tiempo, el barrio músculo colabora de otra manera: sus células liberan ciertos aminoácidos, como la alanina y la glutamina, que actúan como mensajeros y materiales que el hígado puede utilizar para producir nueva glucosa. De esta forma, no son las moléculas quienes toman decisiones, sino las células de cada barrio, que trabajan coordinadamente y utilizan distintas sustancias como herramientas para mantener la energía disponible.

Gracias a esta cooperación organizada entre los barrios, Célula City logra resistir incluso en momentos de escasez, manteniendo su equilibrio y funcionamiento.



Cuando finalmente llega la comida de nuevo, las esferas de luz regresan y la Reina insulina y el Rey glucagón se encuentran en la plaza central de Célula City. No son enemigos, son un equipo. Ella construye en tiempos de abundancia y él protege en tiempos de escasez. Juntos mantienen el equilibrio del cuerpo humano.



Cada vez que eliges comida saludable, juegas o descansas, estás ayudando a que los millones de pequeñas células que viven dentro de ti trabajen felices para que podamos crecer, aprender y soñar. ¡Recuerda que tú eres el mundo que alberga esta fantástica ciudad! Cuida tu cuerpo, cuida tu propia Célula City.

Referencias bibliográficas

1 *García FJN. Formación y metabolismo de cuerpos cetónicos: respuestas adaptativas al ayuno prolongado en el metabolismo humano. Med Interna Méx. 2025; 41(Suppl 2): S5–S7. Disponible en doi: https://doi.org/10.24245/mim.v41iSupl_2.10398*

2 *Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiología médica. 13.ª ed. Barcelona: Elsevier España; 2018. Capítulos 67–71: Metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas; regulación hormonal por insulina y glucagón.*

3 *Espinosa A, Martínez O, Gómez F. Ayuno intermitente: efectos en diversos escenarios clínicos y regulación metabólica. Nutr Hosp. 2024;41(1):26–33. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112024000100026&script=sci_arttext*

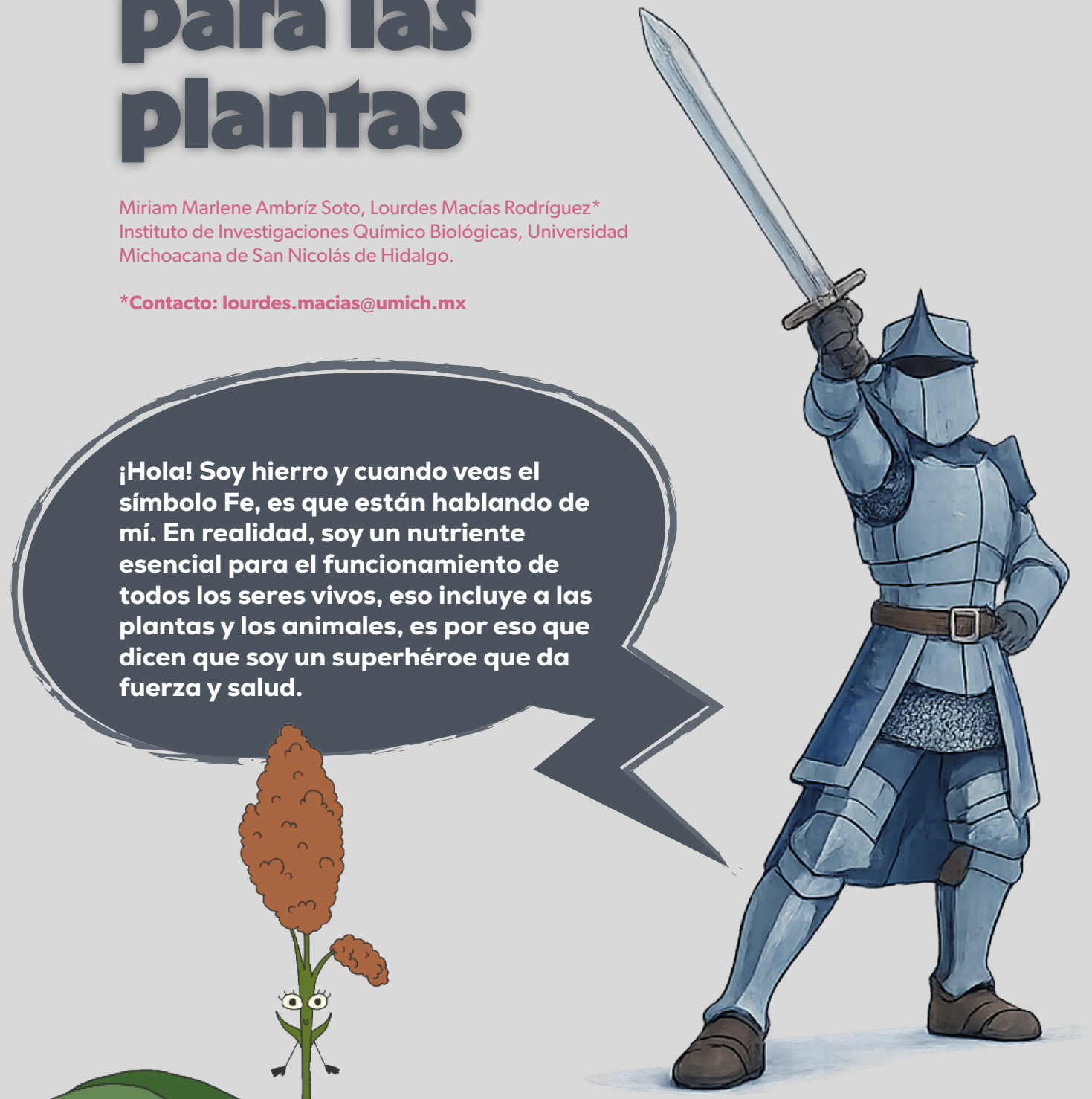
4 *Imágenes generadas por IA, Chat GPT*

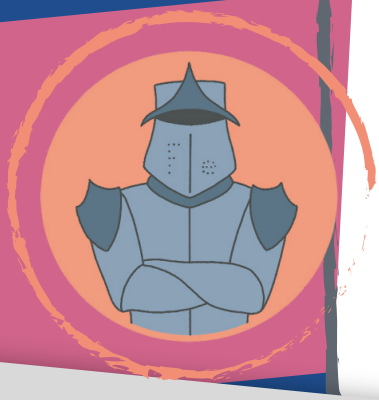


El hierro: un superhéroe para las plantas

Miriam Marlene Ambríz Soto, Lourdes Macías Rodríguez*
Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: lourdes.macias@umich.mx**

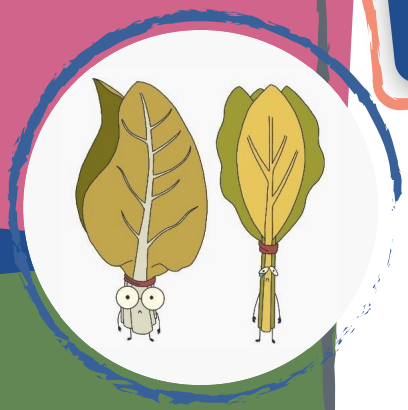




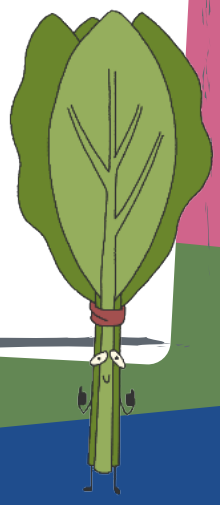
Mi ausencia en los niños y adultos causa anemia, una enfermedad que afecta la formación de glóbulos rojos, que son las células que se encuentran en la sangre. En el interior de los glóbulos rojos, se encuentra una sustancia muy importante, la hemoglobina, que me abraza y juntos nos encargamos de llevar el oxígeno que respiras de los pulmones a distintas partes del cuerpo, ¡ah! También, somos los responsables del color rojo que tiene la sangre.
A las plantas también les hago mucha falta, ¡porque las células de las plantas también respiran! pero de una forma diferente.



En las hojas se encuentran pequeñas rendijas llamadas estomas que les sirven a las plantas para ventilarse y tomar del aire materiales como el dióxido de carbono que necesitan para fabricar su propio alimento; también por los estomas expulsan el oxígeno. Asimismo, las plantas requieren de la energía de la luz del sol para realizar este proceso llamado fotosíntesis. Y te preguntarás: ¿por qué yo, el Fe, soy importante para la fotosíntesis? Pues para que las plantas puedan hacer fotosíntesis, necesitan de una sustancia que las hace verdes llamada clorofila y yo soy el responsable de producir la clorofila.
Soy muy abundante en el suelo, pero a veces resulta difícil que las plantas puedan tomarme. Por eso, cuando me encuentro escaso, las plantas se enferman, crecen menos, se vuelven débiles, sus hojas pierden su color verde y cambian a amarillo.



¡Toma nota! Las plantas, como la espinaca, acelga, chícharo, sorgo y lenteja acumulan mucho hierro y por eso son una buena fuente de hierro para los humanos.



Pero… ¿cómo es que llego al interior de las plantas?
Cuando toco el oxígeno presente en el aire o el agua, me combino con él y me transformo; a esto se le llama oxidación. La verdad es que me oxido muy fácilmente y en el suelo me puedes encontrar en dos formas, una muy oxidada (férrica le dicen), que casi no se disuelve en agua, y otra forma menos oxidada (a esta le dicen ferrosa), que se disuelve un poco mejor.



Entonces, las plantas han desarrollado diversas maneras para transformar la forma férrica en ferrosa, aunque te digo un secreto , normalmente se dejan ayudar por los microorganismos del suelo quienes les facilitan esta labor.

Las raíces de las plantas son como sus pies sumergidos en el suelo, ayudan a la planta a mantenerse erguidas y actúan como popotes largos por los cuales absorben agua y nutrientes que necesitan para crecer. Si la forma férrica no se disuelve en el agua, no puedo ser absorbido por los "popotes"; entonces las plantas usan distintos métodos para poder disolverme.



Hay un método parecido al que usa un minero, quien adiciona sustancias químicas para mejorar mi disolución a partir de minerales. Las sustancias químicas que liberan las plantas al suelo se llaman fitosideróforos, que me atrapan fuertemente. Después, yo unido al fitosideróforo, entro por las raíces ¡claro que no es tan fácil! Necesito pequeñas maquinarias que me abran un camino para entrar a las células de las raíces, o sea, que me transporten, por eso a estas pequeñas maquinaria les dicen "transportadores". Los transportadores que usan los fitosideróforos tienen nombres curiosos, "TOM" se llama el transportador de salida, cuando el fitosideróforo sale de la planta en busca de hierro y "YS" es el transportador de entrada.

Dentro de la planta, soy llevado a todas sus partes, ya sabes que dentro de la planta debo producir clorofila. Para ello, también se usan estas pequeñas maquinarias de las que ya hablamos (transportadores) y otras moléculas. ¿Te interesó el tema del hierro y las plantas? Si esto hago como superhéroe por las plantas, imagínate todo lo que no haría por ti.



Figuras

Fig 1: El hierro, un nutriente que se considera un superhéroe que da fuerza y salud a todos los seres vivos. Elaboración propia.

Fig 2: El superhéroe hierro se sorprende de que las células vegetales también respiran. Elaboración propia.

Fig 3: Hojas de acelga y espinaca que muestran clorosis férrica que es un amarillamiento en las hojas por deficiencia de hierro para la producción de clorofila. Elaboración propia.

Fig 4: Sorgo, chícharo, acelga y espinaca, alimentos ricos en hierro. Elaboración propia.

Fig 5: El superhéroe hierro indicando todo lo que puede hacer por los niños para que crezcan sanos y fuertes. Elaboración propia.

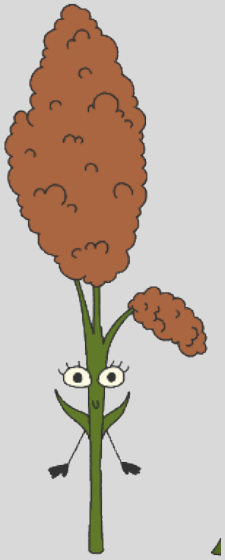
Referencias bibliográficas

1 *Hernández Moreno J., Cadenas-Pliego G., Tighe Neira R., González-García Y., Juárez Maldonado A. Complejos organominerales: una alternativa innovadora contra la baja disponibilidad de hierro en suelos calcáreos. Voces del Suelo, Agricultura y Medio Ambiente, Revista de Divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., 2025, 3(4): 29-38. Disponible en: https://vocesdelsuelo.org.mx/files/Ejemplares/Volumen-3_Num_4-2025.pdf*

2 *Muñoz Parra E. Del hierro de las estrellas a nuestro cuerpo. Revista de Divulgación Saber Más. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2018, 41: 25-27. Disponible en: https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/352-numero-41/641-del-hierro-de-las-estrellas-a-nuestro-cuerpo.html*

3 *Valencia Cantero E. Contribución de la reducción bacteriana de Fe a la nutrición vegetal, perspectivas biotecnológicas. Revista Latinoamericana de Microbiología, 2006, 48: 127-128. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062m.pdf*

4 *Agradecimiento: Se agradece a Mariana Valencia Macías por el diseño original de las imágenes.*



El agua de lluvia: un tesoro escondido que cae del cielo

Yael Alberto Lizárraga Morales[1]*, Rodrigo Gómez Monge[2]
[1]Facultad de Economía "Vasco de Quiroga", [2]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: 1414579f@umich.mx**

¿Sabes cómo se forma la lluvia? imagina que el agua que usas hoy quizá cayó del cielo hace cientos de años, sin embargo, ¿qué pasaría si no tuvieras agua?, bueno, podrás averiguarlo.

Primeramente, ¿qué es el agua y por qué es tan importante para los seres humanos?

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para la vida, la podemos encontrar en forma líquida, sólida (hielo) y gaseosa (vapor), gracias a ella de igual manera, los animales y las plantas pueden vivir. El uso que le damos al agua además de tomarla es por ejemplo: limpiar la casa, regar plantas y jardines, del mismo modo para fabricar muchos alimentos y productos que usamos diariamente.

Ahora que ya sabemos qué es el agua y por qué es importante, vamos a descubrir algo muy interesante: ¿Cómo se forma la lluvia?

Imagina que el sol es como una gran fogata, cuando calienta el agua de los mares y ríos, esa agua se convierte en un vapor, como humo invisible, que sube al cielo. Ese vapor se junta y forma una esponja llena de agua, que conocemos como nube, con el paso del tiempo, las nubes se llenan tanto que dejan caer esa agua en forma de lluvia, nieve o granizo. Cuando la lluvia cae, el agua llega a muchos lugares: casas, ríos, lagos y mares. Parte del agua también se esconde bajo la tierra como un tesoro escondido. Y luego… todo vuelve a empezar.



Figura 1.- Ciclo del Agua. Generado por Google Gemini.





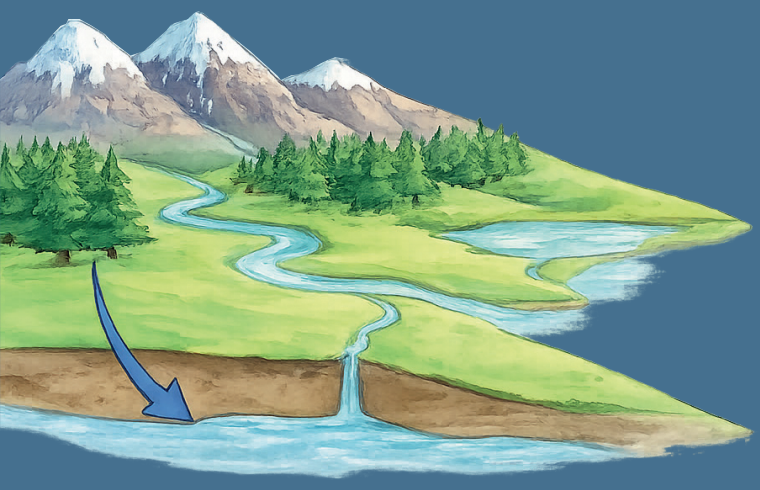


Después de ver cómo se forma la lluvia, puedes llegar a pensar: ¿Es posible que el agua que utilizamos se termine? Lamentablemente la falta de agua es uno de los grandes desafíos que se enfrenta el mundo actualmente, cuando usamos demasiada agua sin cuidarla afectamos a la naturaleza, los ríos dejan de llegar al mar y los lagos se hacen cada vez más pequeños. En México, podemos verlo cuando vemos un lago o río que conocemos y cada vez se hace más pequeño o cuando abrimos la llave y sale poca agua.

Figura 2.- Cuerpos de agua. Generado por Google Gemini.



Ante una posible escasez del agua ¿hay algo que se pueda hacer para combatir ese desafío? Claro que sí, puedes ayudar a través de varias acciones como: cerrar la llave del agua cuando te enjabonas las manos o te cepillas los dientes, tomar una ducha corta, sin embargo, hay otra opción muy efectiva: reutilizar el agua, específicamente el ¡agua de lluvia! desde hace mucho tiempo, las personas pueden recolectar el agua de lluvia y usarla en diversas actividades como: "lavar la ropa, limpiar el patio de la casa, regar las plantas y el jardín, lavar el coche, y muchos usos más".



Es hora de la acción, ¿Te gustaría darle un uso al agua de lluvia?



Figura 3.- Señal de advertencia. Generado por Google Gemini.

¡Advertencia!
Es importante aclarar que en este experimento el uso que se le da al agua no es para consumo, si la tomas, puedes enfermarte. Pídele ayuda a un adulto responsable que cuide de ti.

Materiales:

Una botella de plástico de 2.5 o 3 litros; unas tijeras, un recipiente de plástico, agua de lluvia o agua con barro (en caso de no tener agua de lluvia), algodón, carbón vegetal o activado, arena, gravilla y piedras lavadas.

Procedimiento:

- Con ayuda de un adulto, corta la parte de abajo de una botella de plástico.
- Voltea la botella de manera que la tapa quede hacia abajo, y coloca la botella encima de un recipiente.
- Coloca una capa de algodón en el fondo de la botella.
- Agrega una capa de carbón vegetal o activado.
- Ahora añade una capa de arena y después gravilla.
- Por último, coloca unas piedras que estén limpias.
- Vierte el agua sobre el filtro y observa cómo el agua baja por todas sus capas.



Deja que pase un tiempo y veras la diferencia entre el agua que reuniste y el agua del filtro, ahora puedes utilizarla y ayudar a que no se acabe el agua.

Figura 4.- Filtro de Agua Casero. Generado por Google Gemini.

Recuerda: el agua viaja por todo el mundo y tú puedes ayudar a cuidarla.



Referencias bibliográficas

1 *Procuraduría Federal del Consumidor. gob.mx. 2023 [citado 13 de enero de 2026]. Aprovecha el agua de lluvia y ahorra. Disponible en: http://www.gob.mx/profeco/documentos/aprovecha-el-agua-de-lluvia-y-ahorra?state=published*

2 *¡Cuida el agua Juega y Aprende! [Internet]. Disponible en: https://aguapotabledeloscabos.gob.mx/archivos/cultura/CUIDA_EL_AGUA_JUEGA_Y_APRENDE_CUADERNILLO.pdf*

3 *El agua Manual de educaión Ambiental V [Internet]. linea verde smart city; Disponible en: https://www.lineaverdemunicipal.com/Recursos-educacion-ambiental/Agua-juegos.pdf*

4 *Banco de México. Escasez de agua y exposición del crédito empresarial [Internet]. 2024. Disponible en: https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/reportes-sobre-el-sistema-financiero/recuadros/%7B05A0998A-1805-9947-2A87-273C6F765107%7D.pdf*

5 *Orr S, Cartwright A, Tickner D. Qué son los riesgos hídricos [Internet]. WWF; 2010 p. 50. Disponible en: https://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdifusion/WWF_QueSonLosRiesgosHidricos.pdf*

6 *Referencias Bibliográfica (Imágenes)*
Todas las imágenes fueron creadas en el programa de Google Gemini.

La ciencia vive dentro de ti: conociendo a nuestro sistema inmune

Jorge Adrián Díaz García. Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez". Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo / Centro de Investigación Biomédica de Michoacán del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Contacto: djorgeadrian85@gmail.com

Todos los días en nuestro cuerpo suceden cosas increíbles. Aunque no podamos verlas, son indispensables para mantenernos sanos y fuertes. Es como si tuviéramos un laboratorio interno trabajando día y noche. Lo más sorprendente es que ese laboratorio funciona en nuestro interior desde que nacemos.



Figura 1. La ciencia vive dentro de ti. Dentro de nuestro cuerpo existe un increíble laboratorio formado por millones de células que trabajan día y noche para mantenernos sanos y fuertes. Elaboración propia con asistencia de ChatGTP.

Este laboratorio está formado por millones de células. Cada una cumple una tarea diferente: algunas transportan oxígeno, otras ayudan a obtener energía y otras reparan heridas. Pero además, existe un grupo muy especial de células que nos protegen de lo que puede hacernos daño, incluso de lo que no podemos ver. A este grupo de células lo llamamos sistema inmune.



Figura 2. La curiosidad nos ayuda a descubrir. Así como nosotros hacemos preguntas para entender el mundo, las células del sistema inmune también detectan aquello que parece extraño para ayudarnos a protegernos. Elaboración propia con asistencia de ChatGTP.

Y hay algo todavía más interesante: nuestro sistema inmune funciona de una manera muy parecida a como aprendemos nosotros. Para entenderlo mejor, primero pensemos en algo que todos tenemos y usamos todos los días: la curiosidad.

La curiosidad: el comienzo de todo.

La ciencia es increíble porque nos ayuda a observar lo que ocurre a nuestro alrededor, a hacernos preguntas y a buscar respuestas. Aunque no siempre lo notemos, estamos muy cerca de ella. Cada vez que vemos algo nuevo o extraño, nuestra mente se llena de preguntas como: ¿qué es? ¿cómo funciona? ¿para qué sirve?, comenzando una aventura de investigación para descubrirlo.

Algo muy parecido ocurre dentro de nuestro cuerpo. El sistema inmune también observa todo el tiempo. Cuando una de sus células detecta algo extraño, como un virus o una bacteria, envía mensajes químicos llamados citocinas para avisar a otras células que necesitan ayuda y así descubrir qué está pasando y quién es el invasor. Es como si dijeran: ¡oigan, algo no está bien, necesitamos ayuda!



Figura 3. Trabajando juntos para resolver problemas. Cuando el sistema inmune encuentra algo extraño, las células envían mensajes llamados citocinas para avisarse unas a otras y coordinar la defensa del cuerpo. Elaboración propia con asistencia de ChatGTP.

Resolución de problemas y aprendizaje, igual que nosotros

Así como preguntamos a nuestros papás, abuelitos o maestros cuando tenemos una duda, las células del sistema inmune se comunican entre sí cuando encuentran algo extraño para que lleguen más defensas, analicen la amenaza y la eliminen. De forma similar como ocurre con nuestras dudas, buscamos ayuda, pensamos en la respuesta y la resolvemos juntos.

Pero aquí viene una de las partes más sorprendentes: nuestro sistema inmune también aprende. La primera vez que nuestro cuerpo se enfrenta a un microorganismo, puede tardar un poco en reaccionar. Sin embargo, algunas células guardan esa experiencia, como si tomaran notas para recordar al invasor.

Gracias a esa memoria, si el mismo microorganismo vuelve a entrar en nuestro cuerpo, el sistema inmune puede reconocerlo rápidamente y defendernos antes de que nos enfermemos o hacer que la enfermedad sea mucho más leve.

Aquí también entran las vacunas. Aunque a veces pueden darnos un poco de miedo, son muy importantes porque funcionan como un entrenamiento para nuestro sistema inmune. Le enseñan a reconocer a los invasores sin que tengamos que enfermarnos primero. Es algo parecido a lo que hacemos en la escuela: aprendemos, recordamos, practicamos y cada vez nos volvemos mejores



Figura 4. Nuestro sistema inmune tiene memoria. Algunas células guardan recuerdos de los microorganismos que conocen, permitiendo que el cuerpo responda más rápido la próxima vez. Las vacunas ayudan a entrenar esta memoria. Elaboración propia con asistencia de ChatGTP.

La ciencia está contigo.

Como ves, la ciencia no está lejos de ti. Está presente en cada respiración, en cada latido de tu corazón y en cada paso que das. Vive en nuestro cuerpo, en nuestras ideas y especialmente en nuestras preguntas. Por eso, te invito a que sigas siendo curioso, como nuestro sistema inmune observando, investigando, preguntando, equivocándote y volviéndolo a intentar una y otra vez hasta lograrlo. Tal vez algún día descubras algo que cambie el mundo.

Recuerda que la ciencia comienza con una pregunta. Y tú, ¿qué pregunta quieres responder hoy...?



Figura 5. La ciencia comienza con una pregunta. Observar, imaginar, preguntar y descubrir nos ayuda a entender el mundo y también a comprender las increíbles cosas que ocurren dentro de nuestro cuerpo. Elaboración propia con asistencia de ChatGTP.

Referencias bibliográficas

1 *Medina KL. Overview of the immune system. In: Handbook of Clinical Neurology. 2016;133:61-76. Disponible en: https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63432-0.00004-9*

2 *National Institutes of Health. Your Body's Disease Defenses [Internet]. Bethesda (MD): National Institutes of Health; 2023 [consultado 14 Ene 2026]. Disponible en: https://newsinhealth.nih.gov/2023/01/your-body-s-disease-defenses*

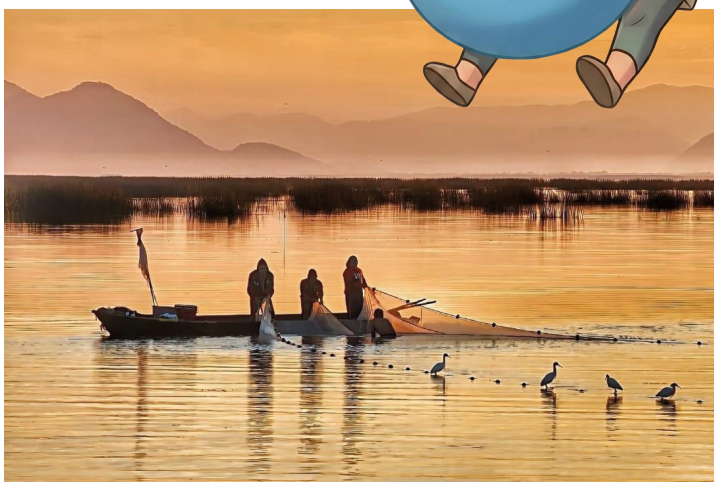
3 *Nota: Algunas ilustraciones fueron actualizadas entre las versiones del documento con fines de mejora visual y coherencia gráfica, sin modificar el contenido académico del material.*

¿Podemos cuidar el planeta con nuestras decisiones?

Janeth Ortiz Ruiz, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Contacto: janeth.ortiz@umich.mx





Fotografía 1. El amanecer en el Lago de CuitzeoNota: Christian Amed González Espino 2022, Zona Oriente del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México (Proporcionada con el permiso del autor).

Piensa en la última vez que abriste el refrigerador para buscar algo de comer, cuando encendiste una luz, usaste agua para bañarte o compraste tu dulce favorito en la tienda.

Estas acciones, aunque parezcan pequeñas, tienen algo en común: necesitan recursos que vienen de la naturaleza. Por ejemplo, los alimentos que comemos, el agua que usamos, el papel de nuestras libretas, la madera de los muebles de nuestra casa y hasta la electricidad son cosas que nos da el planeta y es por todo esto que nos ofrece la naturaleza que cada día tomamos decisiones importantes, incluso sin darnos cuenta.

Desde hace mucho tiempo, las personas trabajamos juntas para conseguir lo que necesitamos para vivir. Algunas personas cultivan alimentos, otras construyen casas, otras fabrican ropa o transportan productos de un lugar a otro. A esta forma de organizar lo que usamos y necesitamos se le conoce como economía.

Pero hoy, además de organizarnos para tener todo lo que necesitamos, también existe una pregunta muy importante: ¿podemos tener lo que necesitamos sin dañar nuestro planeta? Cada vez más gente cree que sí, por eso hay personas que estudian cómo cuidar mejor la naturaleza mientras usamos lo necesario para vivir.

Para poder vivir bien, es muy importante cuidar la naturaleza mediante reglas para evitar que los ríos se ensucien, que se desperdicie agua o que se destruyan bosques. Por ejemplo, muchas escuelas y ciudades ya promueven reciclar basura, ahorrar energía o usar menos plástico. Otras personas nos recuerdan algo todavía más importante: que la Tierra tiene límites, esto significa que no podemos gastar agua, tirar basura o consumir cosas sin pensar que un día pueden acabarse o ensuciarse por completo porque si esto pasara, todos podemos salir afectados: las personas, los animales y las plantas.



Fotografía 2. Cocinando
Nota: Christian Amed González Espino 2011, Elaboración de alimentos para un casamiento en la comunidad de Comachuén, municipio de Nahuatzen, Michoacán, México (Proporcionada con el permiso del autor).

Imaginemos, por ejemplo ¿qué pasaría si nadie cuidara los árboles?, ¿qué ocurriría si los ríos estuvieran llenos de basura? o ¿cómo sería la vida si el agua limpia comenzara a ensuciarse o a terminarse? seguro muchas cosas cambiarían, por eso necesitamos aprender a tener un corazón verde.

Cuando tenemos un corazón verde es cuando aprendemos a cuidar la Tierra con nuestras acciones diarias, porque no necesitamos ser científicos, ni adultos para ayudar al planeta. Los niños también pueden hacer mucho, como cuando cierras la llave mientras te cepillas los dientes, apagas las luces que no estás utilizando, separas la basura, reutilizas hojas para dibujar o hacer tus tareas, cuidas las plantas, los árboles y los animales. Tal vez parezcan acciones pequeñas, pero cuando muchas personas las hacen, se pueden lograr cambios muy grandes.

Además, tener un corazón verde es aprender a consumir solamente las cosas necesarias porque a veces compramos objetos que usamos muy poco y después terminan en la basura, por eso es importante antes de comprar algo preguntarnos: ¿de verdad lo necesito?, ¿puedo reutilizar algo que ya tengo?, ¿puedo compartirlo o pedirlo prestado? Cuando nos hacemos estas preguntas ayudamos a cuidar el planeta.

Cuidar la Tierra no significa dejar de usar todo lo que necesitamos; significa aprender a usar las cosas con responsabilidad y respeto porque este planeta es nuestro hogar. En él vivimos las personas, los animales, las plantas y muchos otros seres vivos, y así como cuidamos nuestra casa, también debemos cuidar el lugar donde todos vivimos.

Tener un corazón verde significa entonces entender que una sola acción nuestra, por pequeña que parezca, contribuye a muchas más acciones que juntas, pueden hacer una gran diferencia, porque cuidar nuestro mundo comienza exactamente así: con una persona que decide cuidar mejor lo que tiene. Y tú… ¿qué harías hoy para saber que tienes un corazón verde?

Referencias bibliográficas

1 *Martínez, C., & Rojas, A. (Coords.). (2008) Instrumentos económicos para la gestión ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) / Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura (IICA).*

2 *Leff, E. (2004). Racionalidad ambiental: La apropiación social de la naturaleza. Siglo XX Editores. México.*

Nuestra comida, nuestra decisión

Berenice Yahuaca Juárez[1]* y Liliana Márquez Benavides[2]
[1]Facultad de Químico Farmacobiología, [2]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: berenice.yahuaca@umich.mx**

1 Descubriendo de dónde viene lo que comemos



2 No es solo comida... es trabajo y cuidado

Cuando vemos maíz, lentejas, frijoles, verduras, frutas o pan recién horneado, debemos ver no solo alimentos, sino también el trabajo de muchas personas de nuestra comunidad.





Ellas realizan todo ese proceso con dedicación. Gracias a ese trabajo, la comida llega a nosotros para preparar los alimentos que comemos todos los días.

3 Cuidar la comida es cuidar la vida

Por eso es importante saber de dónde viene lo que comemos, porque así comprendemos todo el camino que sigue la comida antes de llegar a nuestro plato.





Cuando lo entendemos, aprendemos a valorar la tierra, el agua y el esfuerzo de quienes producen nuestros alimentos. Además, nos damos cuenta de que, si cuidamos estos recursos, siempre podrá haber comida suficiente y saludable que nos permita crecer, aprender y tener energía.

4 Cada semilla es un pequeño tesoro



Imagina que cada semilla es un pequeño tesoro. Alguien la sembró con cuidado para que un día se convierta en alimento. A esto se le llama “Soberanía Alimentaria”.



Un nombre importante: ¡Soberanía alimentaria!

Significa que las personas y las comunidades pueden decidir qué alimentos producir y qué comer, pero también que cuidan la tierra, el agua y las semillas para que la comida no falte. No se trata solo de tener alimentos, sino de que sean nutritivos, buenos para nuestro cuerpo y respetuosos con la naturaleza.

5 La comida no aparece sola

Antes de llegar a tu plato, alguien sembró una semilla, la cuidó, la cosechó y la llevó hasta donde tú la encontraste.

Por eso, no desperdiciar comida es una forma de respetar todo ese esfuerzo.



6 Tú también puedes vivirlo

Piensa en un ejemplo cercano. Imagina que en tu escuela hay un huerto: las niñas y los niños siembran semillas, las riegan y observan cómo crecen. Después cosechan y pueden comer lo que cultivaron.



Eso también es soberanía alimentaria: cuidar y participar en la producción de los alimentos, decidir sobre nuestra comida.

7 Tus acciones cuentan

Y aunque seas pequeño, puedes ayudar:



8 ¡Recuerda siempre!

La soberanía alimentaria es elegir, producir y cuidar la comida.

La comida nos da vida; cuando aprendemos a valorarla y a respetar a quienes la producen, ayudamos a construir un futuro más justo y saludable para todos.



Referencias bibliográficas

1 *BioDiversidad. ¿Qué es la soberanía alimentaria? [Internet]. 21 Oct 2024 [Consultado 10 Ene 2026]. Disponible en: https://www.biodiversidadla.org/Multimedia/Video/Que-es-la-soberania-alimentaria*

2 *Gobierno de México. ¿Seguridad alimentaria o soberanía alimentaria?: ¿Cuál es la diferencia? Seguridad Alimentaria Mexicana [Internet]. 29 Jul 2024 [Consultado 08 Ene 2026]. Disponible en: https://www.gob.mx/segalmex/articulos/seguridad-alimentaria-o-soberania-alimentaria-cual-es-la-diferencia*

3 *SECIHTI. Necesario fomentar nutrición y soberanía alimentaria. Ecosur [Internet]. 14 May 2025 [Consultado 08 Ene 2026]. Disponible en: https://www.ecosur.mx/necesario-fomentar-nutricion-y-soberania-alimentaria/*

4 *Secretaría de Bienestar. En busca de una soberanía alimentaria. Gobierno de México [Internet]. 01 Ago 2019 [Consultado 09 Ene 2026]. Disponible en: https://www.gob.mx/bienestar/articulos/en-busca-de-una-soberania-alimentaria*



Tzïki y Kúrpita: la historia de dos células

Valeria Punzo Mora[1]*, Alejandro Zentella Dehesa[2]
[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia,[2] Universidad Autónoma de México

***Contacto: ibq.valeriapunzomora@outlook.com**

1 ESCENA 1: DENTRO DEL CUERPO

Dentro del cuerpo de una niña michoacana llamada Yunuén, vivían millones de células que trabajaban todos los días para mantenerla sana.

Las células vivían en diferentes colonias, como si fueran vecindarios.

Ahí estaban Tzïki, que vivía en la colonia Estómago, y Kúrpita, en la colonia Pulmón… dos células vecinas, pero muy diferentes.



2 ESCENA 2: LA VIDEOLLAMADA

Kúrpita: ¡Buenos días, Tzïki! ¿Lista para un nuevo día lleno de energía?

Tzïki: Ay, no, Kúrpita… mejor me quedo aquí quietecita y calientita. No tengo ganas ni de mover una mitocondria.

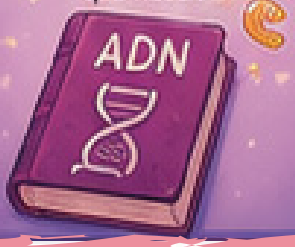
Las mitocondrias son como pequeñas plantitas de energía dentro de la célula.

Kúrpita: ¡Pero moverte te hace bien! Yo ya hice mis estiramientos citoplasmáticos y me siento con toda la fuerza.

Tzïki: ¿Ejercicio? ¡Qué flojera! Yo con mis antojitos estoy bien.

Kúrpita: Yo prefiero comida saludable y colorida, como frutas y verduras, y también tomar agua. Eso ayuda a que mi libro de instrucciones, el ADN, funcione bien.

Narrador:
El ADN es como el libro que le dice a la célula qué hacer.



3 ESCENA 3: EL PASO DEL TIEMPO

Pasaron los días… Kúrpita seguía brillante, con su membrana fuerte y sus herramientas de trabajo funcionando en armonía. Los organelos son como herramientas que ayudan a la célula a hacer su trabajo. Pero Tzïki empezó a cambiar…

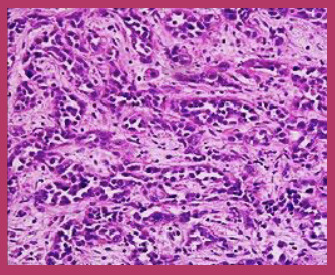


Figura 1. Tzïki tumoral, Célula de cáncer de estómago.

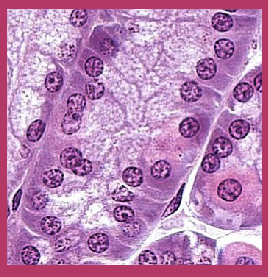
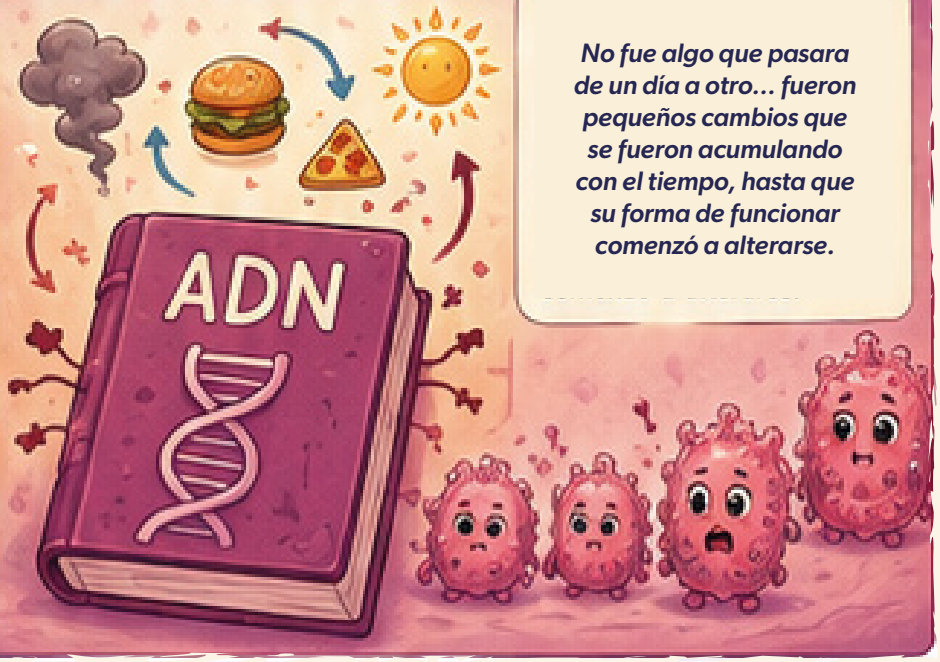


Figura 2. Tzïki sana, Célula del estómago.

4 ESCENA 4: EL LIBRO DE INSTRUCCIONES

El libro de instrucciones de la célula Tzïki (el ADN) es muy especial… porque le dice a la célula cómo crecer, cuándo descansar y cómo cuidar el cuerpo. Pero a veces, por cosas como el humo, algunos alimentos poco saludables, demasiado sol o simplemente por errores al copiarse, el libro puede empezar a tener pequeños errores. Al principio no se notan… pero si se juntan muchos, la célula puede confundirse.



No fue algo que pasara de un día a otro… fueron pequeños cambios que se fueron acumulando con el tiempo, hasta que su forma de funcionar comenzó a alterarse.

5 ESCENA 3: ALGO NO ESTÁ BIEN

Kúrpita: Tzïki… ¿te encuentras bien? Tu membrana se ve diferente…

Tzïki: No sé qué me pasa… últimamente me estoy dividiendo una y otra vez… y ya no escucho las señales del cuerpo.

Antes solo me dividía cuando el estómago necesitaba reparar o reemplazar células viejitas… ¡pero ahora no puedo detenerme!

¡Esto no debería pasar!

Kúrpita: Eso no está bien… algo en tu libro de instrucciones se está desordenando.

Tzïki: Yo no quiero hacer daño…pero siento que no puedo parar.

Las células normalmente se dividen solo cuando el cuerpo necesita crecer, reparar una herida o reemplazar células viejitas.

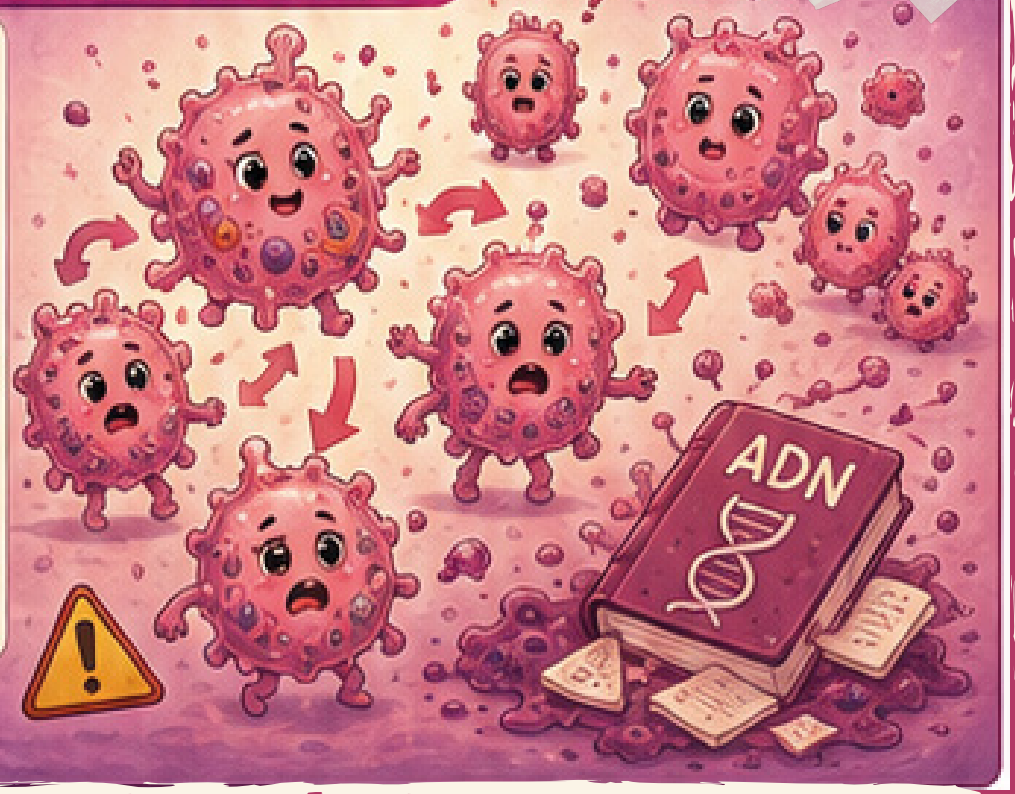
Pero cuando una célula empieza a dividirse muchas veces sin detenerse… algo no está funcionando bien.

6 ESCENA 6: LAS REGLAS SE ROMPEN

Las células tienen reglas muy claras: saben cuándo crecer, cuándo dividirse… y cuándo detenerse.

Pero cuando su libro de instrucciones se desordena, pueden olvidar una de las reglas más importantes: saber cuándo parar.

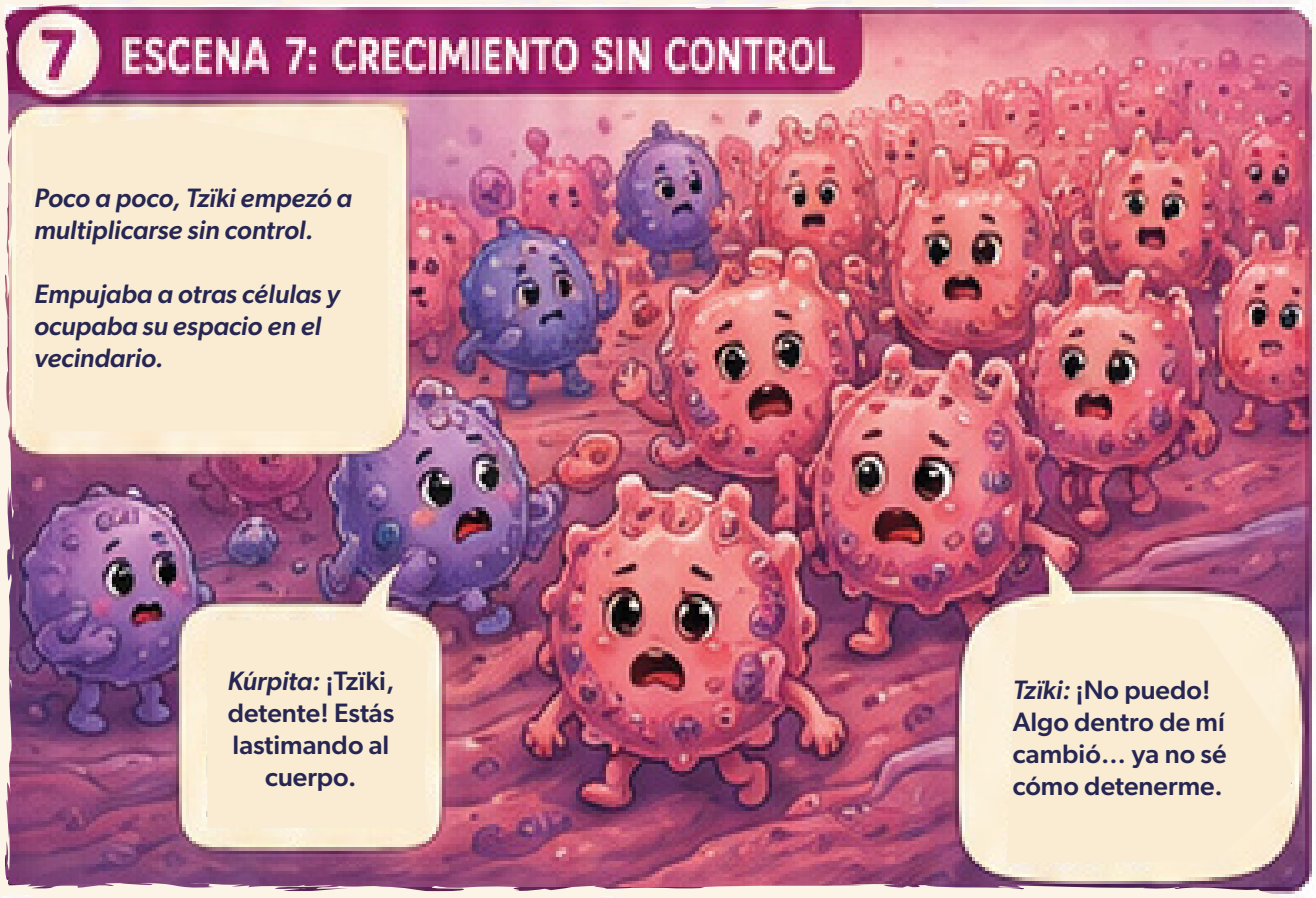
Y entonces… empiezan a dividirse una y otra vez, sin control.



7 ESCENA 7: CRECIMIENTO SIN CONTROL

Poco a poco, Tzïki empezó a multiplicarse sin control.

Empujaba a otras células y ocupaba su espacio en el vecindario.



Kúrpita: ¡Tzïki, detente! Estás lastimando al cuerpo.

Tzïki: ¡No puedo! Algo dentro de mí cambió… ya no sé cómo detenerme.

8 ESCENA 8: LOS GUARDIANES DEL CUERPO



9 ESCENA 9: EL EJEMPLO DE KÚRPITA

Mientras tanto, Kúrpita seguía cuidándose: descansaba, tomaba agua, se mantenía tranquila y se alimentaba con comida de muchos colores.

Sabía que eso ayudaba a que sus organelos funcionaran mejor y a mantenerse fuerte.



10 ESCENA 10: REFLEXIÓN

Kúrpita: Hay muchas cosas que pueden afectar a una célula... a veces no es algo que podamos controlar.

Pero puedo seguir cuidándome y ayudar a mi comunidad a mantenerse fuerte.

Tzïki: Yo no quería causar problemas... solo algo dentro de mí se desordenó.



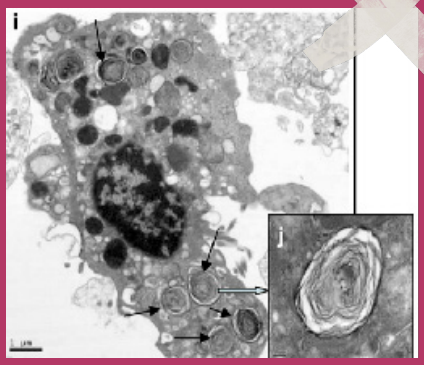


Figura 3. Kúrpita sana, Célula de pulmón.

11 ESCENA 11: CIERRE

Y aunque Tzïki necesitó ayuda porque su libro de instrucciones se había desordenado, Yunuén la escuchó a tiempo y acudió al doctor para cuidar su cuerpo.

Así, dentro del cuerpo de Yunuén, cada célula seguía haciendo su mejor esfuerzo. Algunas necesitaban ayuda... y otras enseñaban con su ejemplo.





MORALEJA:
Cuidar nuestro cuerpo ayuda a que nuestras células trabajen mejor.
Comer alimentos saludables y coloridos, tomar agua, descansar y movernos ayuda a mantener fuerte nuestro libro de instrucciones: el ADN.
Y cuando algo no se siente bien, escuchar a nuestro cuerpo y acudir al doctor también es una forma de cuidarnos.

Porque cada célula, por pequeñita que sea, trabaja todos los días para mantenernos sanos.

Referencias bibliográficas

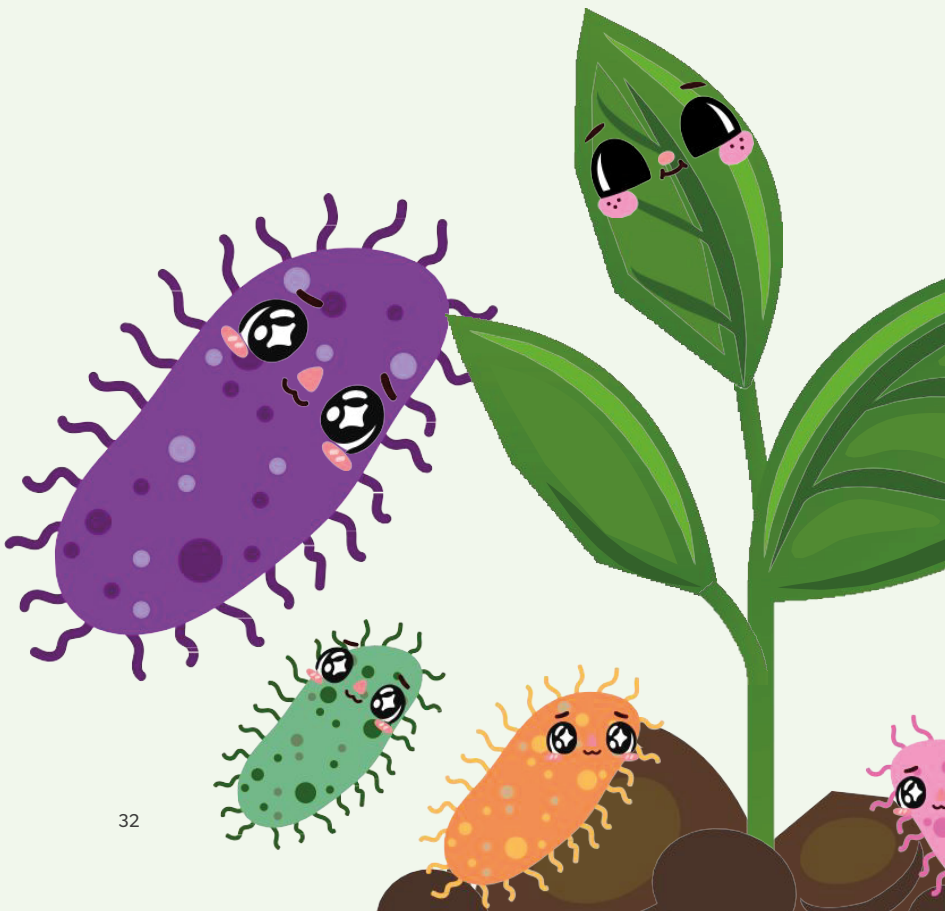
1 *Hesketch R. Introducción a la Biología del Cancer. Segunda Edición. Reino Unido: TJ Books Limited, Padsrow, Cornwall; 2024*

Las plantas y las bacterias

¡Un equipo de amigos para crecer bajo tierra!

Thyara Amairani Pineda-Tovar[1] y Ricardo Ivan Medina-Estrada[1]*.
[1]Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.

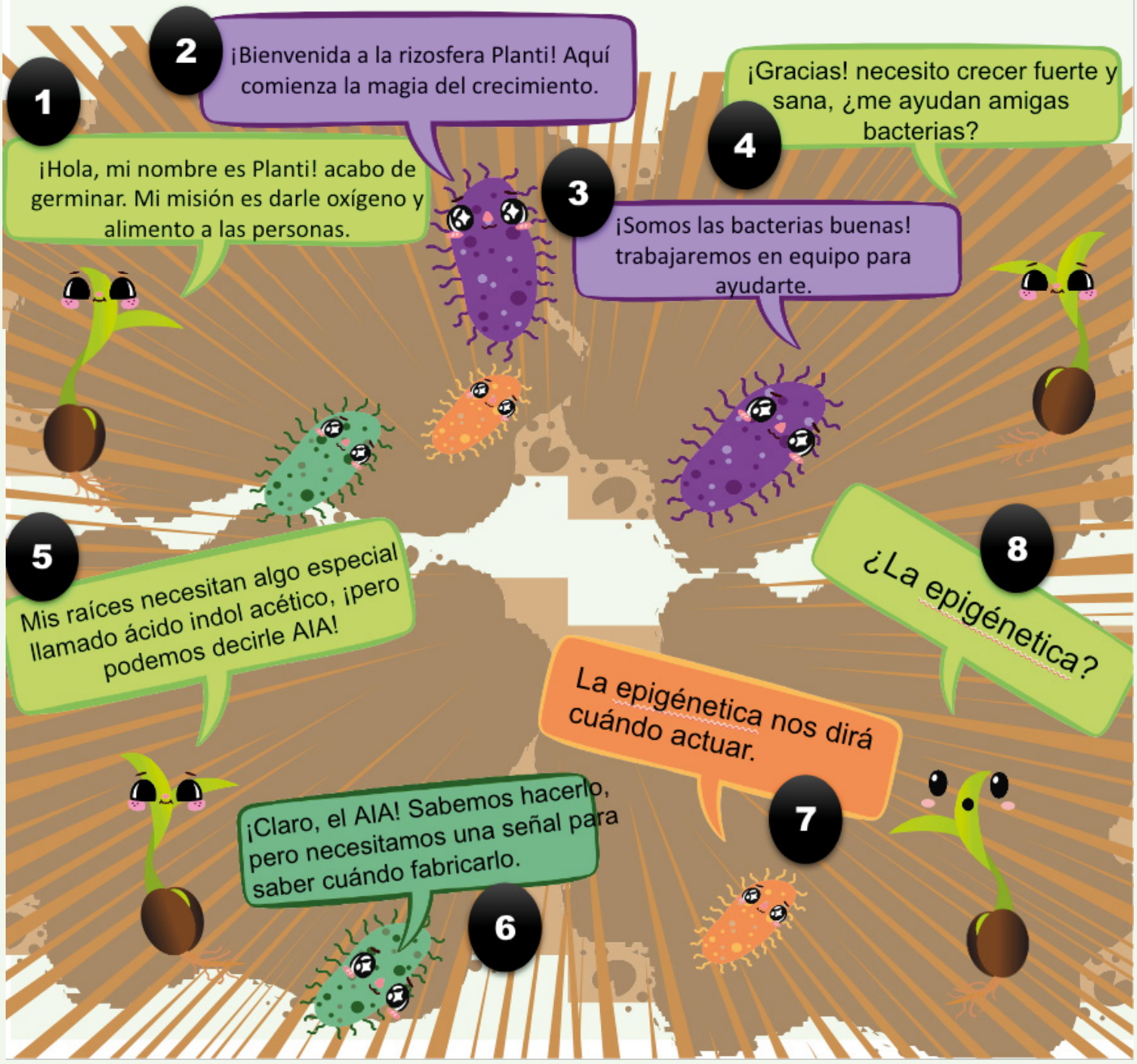
***rimedina@ucemich.edu.mx**



¿Sabías que las plantas y unas bacterias pequeñitas que viven en el suelo, son superamigas?

Esta es la historia de cómo trabajan juntas para ayudarse…

En un mundo pequeño pero fascinante ¡las bacterias del suelo tiene una misión importante!



La epigenética ayuda a regular las señales entre plantas y bacterias.



EL GRAN RESULTADO



Referencias bibliográficas

1 *Chávez-Díaz, I.F., Zelaya Molina, L.X., Cruz Cárdenas, C.I., Rojas Anaya, E., Ruíz Ramírez, S. y De los Santos Villalobos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11(6), 1423–1436. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492.*

2 *Sánchez-Ceja, M.G., Loeza-Lara, P.D., Carballar-Hernández, S., Jiménez-Mejía, R. y Medina-Estrada, R.I. (2024). Aislamiento de bacterias nativas con potencial en la promoción del crecimiento de maíz criollo mexicano (Zea mays L.). Biotecnia, 26(1), 83-92. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26i1.2125.*

3 *Vílchez, J. I., Varotto, S., & Jung, H. W. (2024). Epigenetic regulation behind plant-microbe interactions. Frontiers in Plant Science. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.*

Semáforo de colores: la densidad de los líquidos

Selene Acosta Morales*, Armando Encinas Oropesa
División de Materiales Avanzados, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

***Contacto: selene.acosta@ipicyt.edu.mx**

¿Sabías que algunos líquidos son más "pesados" que otros aunque usemos la misma cantidad?

Esto se explica por una propiedad de la materia que se llama densidad.

La densidad nos dice cuánta masa hay en un volumen (espacio) para distintos materiales. Cada material es diferente y puede tener más o menos masa en el mismo espacio. Esto se debe a que no todas las sustancias están formadas por moléculas iguales ni organizadas de la misma manera: algunas sustancias están hechas de moléculas más pesadas, mientras que en otras las moléculas, aunque sean más ligeras, pueden estar más juntas y ocupar el espacio de manera más compacta. Por eso, incluso en un mismo volumen, la cantidad de materia, y por tanto la masa, puede variar de un material a otro. Por ejemplo, si tenemos dos vasos del mismo tamaño, uno con aceite de cocina y otro con agua, el vaso con agua pesará más. Esto ocurre porque en el agua las moléculas están más próximas entre sí que en el aceite, por lo que en el mismo volumen hay mayor cantidad de materia, es decir, mayor masa (Fig. 1). Como consecuencia, si vertimos el aceite sobre el agua, el aceite flota, ya que su densidad es menor al tener sus partículas menos compactas.



Realiza el siguiente experimento para comprobar que diferentes líquidos tienen diferente densidad.

Materiales:



Un vaso o frasco transparente (mejor si es alto).



Dos cucharadas soperas de miel.



Dos cucharadas soperas de jabón líquido.



Dos cucharadas soperas de agua.



Dos cucharadas soperas de aceite vegetal.



Dos cucharadas soperas de alcohol.



Papel de cocina (por si hay derrames).



Opcional: Colorante vegetal para colorar el agua .



Experimento:

Paso 1
- Coloca primero la miel en el vaso

Paso 2
- Con cuidado, añade el jabón líquido sobre la miel. Verás que se queda flotando.

Paso 3
- Agrega el agua lentamente sobre el jabón cuidando que no se mezclen.

Paso 4
- Vierte despacio el aceite vegetal.

Paso 5
- Finalmente, agrega el alcohol muy lentamente.

¡Observa cómo cada líquido se queda en su lugar formando capas!



Explicación del resultado observado

Los líquidos se acomodan en capas y no se mezclan entre sí porque cada líquido tiene una densidad diferente. Los líquidos más densos (más masa para el mismo volumen), como la miel, se van al fondo del vaso. Los líquidos menos densos, como el alcohol, se quedan arriba. Aunque algunos líquidos a simple vista se ven parecidos, sus partículas están acomodadas de forma distinta. Por eso, cuando los ponemos juntos, cada uno busca su lugar según su densidad.

Prueba una nueva forma de hacerlo:

ahora intenta realizar el experimento al revés. Comienza agregando primero los líquidos menos densos (como el alcohol o el aceite) y después añade poco a poco los más densos (como el agua, el jabón o la miel). Observa con atención qué sucede: ¿se forman las mismas capas o los líquidos se mezclan? Esto te ayudará a entender mejor cómo la densidad influye en el comportamiento de los líquidos.



Referencias bibliográficas

1 *Chang R, Goldsby K. Química. 12ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Education; 2016.*

2 *Imágenes: Imágenes obtenidas de Freepik*



Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación

GOBIERNO DE MICHOACÁN

ICTI

INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN

MICHOACÁN ES MEJOR

ICTI.MICHOACÁN

443 846 3319 443 324 8607 icti@michoacan.gob.mx
icti.michoacan.gob.mx Calzada Juárez #1446, Col. Villa Universidad, 58060, Morelia, Michoacán