



ISSN en línea: 3061-8460

Facultad de Estudios Superiores Aragón

No. 19 Año 10, Enero-Junio de 2026

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

PaCiencia Pa'Todos

Ciencia, Educación, Tecnología y Cultura a tu alcance

Número dedicado a:
Cultura de Paz
en tiempos
de guerra



Visita el sitio

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

DIRECTORIO

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Rector

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

Secretaria General

Mtro. Hugo Concha Cantú

Abogado General

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez

Secretario Administrativo

Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz

Secretaria de Desarrollo Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo

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

Facultad de Estudios Superiores Aragón

Dra. Araceli Romo Cabrera

Directora

Mtro. Manuel Silva Sánchez

Secretario General

Ing. Juan Carlos Ortiz León

**Encargado del despacho de la Secretaría
Administrativa**

Ing. Alexis Sampedro Pinto

Secretario Académico

Dra. María Magdalena Sarraute Requesens

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

Lic. Celia Ivonne Aguayo Morales

Responsable de Publicaciones

PaCiencia Pa'Todos, Año 10, No. 19, Enero-Junio de 2026, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, Av. Universidad Nacional s/n, Col. Impulsora, Nezahualcóyotl, Estado de México, C.P. 57130. Tel. 55 5817 34 78 ext. 1021

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

Correo electrónico: pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com
Editora responsable: Dra. María Andrea Trejo Márquez. Certificado de Reserva de Derechos de Autor 04-2023-070613182400-102, ISSN: 3061-8460, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María Andrea Trejo Márquez, fecha de última modificación: 1 de abril de 2026.

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

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



Atribución-No Comercial-Sin Derivadas

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



Cátedra UNESCO Universidad e Integración Regional

Dr. Axel Didriksson Takayanagui
Coordinador General

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

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

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

Dr. Andrés Felipe Mora, Universidad
Nacional de Colombia

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

Dra. Carmen Caamaño Morúa
Universidad de Costa Rica

Dra. Carmen Márquez
Universidad Autónoma de Madrid

Jennyfers Chong Robles, Ivone Giffard Mena, O. Araceli Patrón Soberano



Educare.....80

La investigación, la integridad y la inteligencia artificial

Francisco Raúl Casamadrid Pérez

Inteligencia de Vida: Tecnologías Disruptivas para potenciar la Salud y el Bienestar Humano

Isaac Pérez Yunis

La conciencia en la ciencia.....92

La domesticación en la era de la biotecnología: el futuro de nuestra seguridad alimentaria

Miriam Rebeca Álvarez Tostado Reyes, Antonio Alfredo Bueno Hernández, Fabiola Juárez Barrera

Corales, sargazo y ciencia. Contribuyendo al rescate del Caribe mexicano

Alejandro Ramos-Amezquita, Icoquih Zapata-Peñasco, Omar Rojas-García

Humanitas.....108

Creatividad verde: cómo la innovación socioambiental cambia vidas en América Latina

Yesenia Fuerte Velázquez, José Alberto Solís Navarrete

Haz la ciencia, no la guerra: cuando el conocimiento une lo que la política separa

Victoria Edwina Campos García y Jorge Samuel León Magdaleno

Encuentros con la ciencia.....122

La cultura de paz como horizonte social: diálogo con la Dra. María Gabriela Villar García

Alma Elisa Delgado Coellar y Daniela Velázquez Ruiz

El puma culto.....130

Homenaje de amigos al uruguayo más mexicano: Dr. Jorge Luis Tórtora Pérez

Rafael Fernández Flores, Raquel López Arellano, Jorge Alfredo Cuellar, Paola Briseño Lugo, Ma. Andrea Trejo Márquez

La planta de Quina y la Segunda Guerra Mundial

Alejandro Torres-Montúfar, Eduardo Lazcano-Flores



Echemos el Chal.....146

En el amor y la guerra...no todo debería valerse

Rafael Fernández Flores

Semillas: tesoros, armas y combatientes de diferentes batallas

Selene Pascual Bustamante

El Opio: la planta de las dos guerras

Mayte Stefany Jiménez Noriega, Alejandro Torres-Montúfar

El Rincón de Clío.....161

Cuando la enfermedad decidió la historia: la viruela y otras epidemias en tiempos de guerra

Elizabeth Ortega Soto

Resolver con ciencia ahora, pensar en la sociedad después: la fórmula química para el caos

Álvarez Olivares Mercedes y Rojo Cabral Jesús Alfredo

Kombucha, de tradición milenaria a tendencia global

Alma Cristina Arellano García, Julieta Salomé Veloz Rendón, Maribel Flores González

¿Qué leo?.....181

Gracias, gusano

Santiago Flores y de Hoyos

Cinema Paradiso.....192

De la realidad al cine y del cine a la biotecnología

Elena Schrodinger Jiménez Gallardo, y Ricardo Martín Castro Acosta



Atribución-NoComercial-SinDerivadas

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



Consejo Editorial

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

*Jorge Bello Domínguez
(Centro Universitario Marie Curie)*

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

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

*Rafael Fernández Flores
(DGTIC-UNAM)*

*Liliana García Rivera
(FES Cuautitlán, UNAM)*

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

*Edison Omar Martínez
(Universidad Técnica de Machala)*

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

*Selene Pascual Bustamante
(FES Cuautitlán, UNAM)*

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

*Jorge Luis Rico Pérez
(Investigador Independiente)*

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

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

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

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

Editora Responsable

María Andrea Trejo Márquez

Diseño Editorial

Alma Elisa Delgado Coellar

Editorial

En un momento histórico marcado por conflictos armados en diversas regiones del mundo, como Palestina, Irán y Ucrania, reflexionar sobre la cultura de paz se vuelve una tarea urgente. Las guerras no solo transforman los mapas políticos o alteran las relaciones internacionales; también dejan huellas profundas en la vida cotidiana de las personas, en los ecosistemas y en las estructuras sociales que sostienen a las comunidades. Ante este caótico escenario, la construcción de una cultura de paz exige comprender las múltiples dimensiones del conflicto, pero también reconocer el papel que la ciencia, la tecnología, la educación y la cultura pueden desempeñar para promover sociedades más justas, resilientes y solidarias.

Con esta perspectiva, **PaCiencia Pa'Todos** dedica su nuevo número a explorar las complejas relaciones entre el conocimiento, la sociedad y el conflicto. A través de una diversidad de artículos, entrevistas, reflexiones históricas y relatos, la revista invita a los lectores a examinar cómo distintos campos del saber han contribuido tanto al desarrollo de la guerra como a la búsqueda de soluciones que favorezcan la paz, la cooperación y el bienestar humano.

Las contribuciones reunidas en este número dialogan entre sí desde distintas áreas del conocimiento: la ciencia y la tecnología, la biología, la historia, la educación, la filosofía y la cultura. Cada texto ofrece una mirada particular que, al integrarse con las demás, permite comprender que la construcción de la paz es un proceso complejo que atraviesa múltiples dimensiones de la vida social.

En **Techne Techne**, se analizan algunos ejemplos históricos y contemporáneos que muestran cómo la tecnología puede surgir de contextos de conflicto, pero también convertirse en una herramienta para la supervivencia, la cooperación y el bienestar.

El artículo *“La comida enlatada: elemento de guerra, elemento de paz y símbolo cultural”* de Angélica María Hernández-Ramírez explora el origen de los alimentos en conserva, una innovación



En *“La biología del conflicto: efectos celulares de vivir sin paz”*, Jessica Edith Rodríguez y colaboradores analizan cómo el estrés crónico asociado a contextos de violencia o conflicto altera la fisiología humana. Cuando el organismo percibe amenazas constantes, activa mecanismos de supervivencia que priorizan respuestas inmediatas por encima de los procesos de reparación y mantenimiento celulares. En este sentido, la paz no es solo un ideal social o político, sino también una condición biológica que favorece la salud y el equilibrio del organismo.

relacionados con la salud pública y la biología del bienestar. El artículo de Nancy Nelly Zurita Méndez y colaboradores, *“La importancia de ejercitarse en la diabetes”*, analiza el impacto del ejercicio físico en el tratamiento y prevención de esta enfermedad, cuya prevalencia continúa aumentando en México y en el mundo. El ejercicio contribuye a mejorar la función del músculo esquelético, favorece el metabolismo de la glucosa y promueve la liberación de moléculas que benefician distintos órganos. Aunque no existe un tipo de ejercicio universalmente superior, la actividad física regular se reconoce como un elemento clave para mejorar la calidad de vida de las personas con diabetes tipo II.

Asimismo, en *“Entre lo dulce y lo salado: el delicado equilibrio entre el agua y la sal en los crustáceos”*, Jennyfers Chong Robles y colaboradores exploran los mecanismos fisiológicos que permiten a los organismos acuáticos regular la concentración de sales y agua en su interior. Estos procesos de osmorregulación son fundamentales para la supervivencia de especies como camarones y cangrejos, y su comprensión contribuye al desarrollo de prácticas acuícolas más sostenibles.

En **Educare** se reflexiona sobre el papel de la ética en la producción del conocimiento. En *“La investigación, la integridad y la inteligencia artificial”*, Francisco Raúl Casamadrid Pérez examina los desafíos que plantea el uso de herramientas digitales e inteligencia artificial en la investigación académica. En un contexto de abundancia de información, mantener la integridad científica resulta fundamental para garantizar la confiabilidad del conocimiento. La ética, la originalidad y la creatividad aparecen como valores esenciales para el desarrollo de una investigación responsable. También encontraremos la *“Inteligencia de Vida: Tecnologías Disruptivas para potenciar la salud y el bienestar humano”* de Isaac Pérez Yunis, quien indica que, en la actual era de transformación acelerada, la disrupción trasciende lo tecnológico y se convierte en un imperativo de trascendencia. En este sentido, se analiza cómo las tecnologías disruptivas no solo optimizan la eficiencia operativa, sino que también actúan como catalizadores de la Inteligencia de Vida.



En **Conciencia en la Ciencia**, se amplía la reflexión sobre los desafíos ambientales y sociales contemporáneos. *“La domesticación en la era de la biotecnología: el futuro de nuestra seguridad alimentaria”*, de Miriam Rebeca Álvarez Tostado Reyes y colaboradores, muestra cómo la domesticación continúa en la actualidad mediante herramientas genéticas y biotecnológicas orientadas a enfrentar el cambio climático y a garantizar alimentos más nutritivos.

Por su parte, Alejandro Ramos-Amezquita y colaboradores, en *“Corales, sargazo y ciencia”*, analizan las amenazas que enfrentan los arrecifes del Caribe mexicano debido al cambio climático y a la proliferación de sargazo. Entre las soluciones, destacan el monitoreo acústico para evaluar la salud de los arrecifes y el aprovechamiento biotecnológico del sargazo para producir fertilizantes y biocombustibles.

En **Humanitas**, *“Creatividad verde: cómo la innovación socioambiental cambia vidas en América Latina”*, Yesenia Fuerte Velázquez y José Alberto Solís Navarrete muestran cómo comunidades y organizaciones impulsan proyectos que combinan conocimiento científico, protección ambiental y bienestar social, fortaleciendo el desarrollo regional sostenible.

En *“Haz la ciencia, no la guerra”*, Victoria Edwina Campos García y Jorge Samuel León Magdaleno reflexionan sobre la narrativa histórica centrada en la guerra y proponen reconocer otra historia menos visible: la del conocimiento científico como fuerza de cooperación y progreso humano.

Encuentros con la Ciencia, Alma Elisa Delgado Coellar y Daniela Velázquez Ruiz entrevistan a la Dra. María Gabriela Villar García, quien define la cultura de paz como una construcción social, histórica y educativa que busca transformar conductas, actitudes y formas de pensamiento. La paz no se limita a la ausencia de guerra, sino que implica transformar las relaciones cotidianas y prevenir las causas de la violencia.



Puma Culto rinde **homenaje al Dr. Jorge Luis Tórtora Pérez**, recordando no solo su destacada trayectoria en las ciencias veterinarias, sino también su calidad humana, su compromiso académico con la FES Cuautitlán y su legado como formador de generaciones.

Por otra parte, en “*La planta de Quina y la Segunda Guerra Mundial*”, Alejandro Torres-Montúfar y Eduardo Lazcano-Flores señalan que la *Cinchona officinalis*, originaria de los Andes, fue clave en la lucha contra la malaria gracias a la quinina, usada inicialmente por los pueblos indígenas. En el siglo XIX, su aislamiento químico impulsó la farmacología moderna y una intensa explotación comercial. Durante la Segunda Guerra Mundial, la escasez de quinina tras la ocupación japonesa de Java generó una crisis sanitaria entre las tropas aliadas, lo que llevó a expediciones a Sudamérica y al desarrollo de antipalúdicos sintéticos.

En **Echemos el chal**, podrás leer a Rafael Fernández Flores, en *“El amor y la guerra... no todo debería valerse”*, reflexiona sobre la relación histórica entre ciencia y guerra, cuestionando la idea de que “en el amor y la guerra todo se vale”. A partir de las entrevistas de Oriana Fallaci, se señala que el rasgo distintivo de muchos líderes es su voluntad de poder, capaz de instrumentalizar el conocimiento científico con fines bélicos. Desde Arquímedes y Tartaglia hasta Galileo, Newton y Laplace, la artillería y las matemáticas han estado estrechamente vinculadas. El desarrollo de la química permitió la producción industrial de explosivos, como la dinamita de Nobel y el amoníaco de Haber. En el siglo XX, la fisión nuclear condujo a la bomba atómica y al riesgo de un invierno nuclear, recordándonos los límites éticos de la ciencia.

Por su parte, Selene Pascual discute en *“Semillas: tesoros, armas y combatientes de diferentes batallas”* cómo el cultivo de semillas ha sido la base fundamental para el desarrollo de diversas culturas, por ejemplo, el arroz en Oriente, el trigo y la cebada en Europa y el maíz en América. Además de ser una



Finalmente, la revista también abre espacios para la imaginación y la reflexión cultural. En **¿Qué leo?** podrás leer el cuento “*Gracias, gusano*”, de Santiago Flores y de Hoyos, que propone un encuentro imaginario entre científicos y pensadores que dialogan sobre el desarrollo del conocimiento en Europa. A través de este ejercicio narrativo, el texto muestra cómo las ideas científicas, filosóficas y políticas se entrelazan en la construcción de nuestra comprensión del mundo.

Cinema Paradiso cierra el número con la recomendación de la película *Extraordinary Measures*, basada en la historia real de un padre que impulsa la investigación científica para desarrollar un tratamiento contra la enfermedad de Pompe. Este relato ilustra cómo la biotecnología puede convertirse en una herramienta concreta de esperanza y transformación social.

En conjunto, los artículos de este número muestran que la ciencia y la cultura no son neutrales: pueden contribuir tanto al desarrollo de conflictos como a la construcción de soluciones. Comprender esta dualidad es fundamental para orientar el conocimiento hacia el bienestar colectivo.

En tiempos de incertidumbre y tensiones globales, la construcción de una cultura de paz requiere no solo voluntad política, sino también educación, reflexión crítica y compromiso social. La ciencia, cuando se orienta por principios éticos y humanistas, puede desempeñar un papel decisivo en este proceso.

Confiamos en que este recorrido por las distintas secciones de **PaCiencia Pa'Todos** despierte en nuestros lectores curiosidad, reflexión y esperanza, recordándonos que el conocimiento también puede ser una herramienta para construir un mundo más justo, solidario y pacífico.

Ma. Andrea Trejo Márquez

Editora Responsable



LA COMIDA ENLATADA: ELEMENTO DE GUERRA, ELEMENTO DE PAZ Y SÍMBOLO CULTURAL

Angélica María Hernández-Ramírez



Resumen

La historia de los alimentos en conserva tuvo sus inicios en Europa y estuvo impulsada por Napoleón Bonaparte en tiempos de guerra. Nicolas Appert sentó las bases de la preservación hermética de alimentos, mientras que Louis Pasteur sumó sus conocimientos sobre el control y manejo de microorganismos y Peter Durand innovó la industria a través del uso de latas que se desarrollaron durante la revolución siderúrgica. Derivado del uso de metales, los estudios de Friedrich Accum impulsaron los sistemas regulados de control para la inocuidad alimentaria. Desde el punto de vista humanitario los alimentos enlatados han permitido la supervivencia y nutrición de adultos e infantes en zonas de conflicto y desastres naturales, por lo que contribuyen a la construcción y fortalecimiento de una cultura de la paz. Además, la comida enlatada se ha posicionado como pieza clave en el Arte Pop. Por sus características, los alimentos en conserva se han integrado a la economía mundial, desplazado a las prácticas de producción de alimentos locales/frescos y generando toneladas de basura, lo que invita a reflexionar sobre nuestras prácticas de consumo cotidiano.

Los alimentos enlatados parte de nuestra cotidianidad

Desde frutas hasta carne, seguramente en algún momento de tu vida has abierto una lata de conserva de alimentos, algo común y fácil de obtener en estos días en las tiendas de supermercado o incluso en las de la esquina. Pero ¿sabías que cada lata de conserva de alimentos es el reflejo de un proceso científico y tecnológico iniciado en Europa en el siglo XVIII? Y lo más interesante es que el nacimiento de la industria de los alimentos en conserva fue impulsado nada más y nada menos que por un ambicioso y exitoso militar que llegó a ser emperador de Francia (1769-1821).

Preservación de alimentos, una necesidad en tiempos de guerra y conquista

Napoleón Bonaparte era un genio militar, visionario y estratega en la organización de sus fuerzas armadas en el campo de batalla. Además, tenía una gran capacidad para dirigir la atención a la resolución de problemas mediante el fortalecimiento de alianzas y la selección de aliados clave que le permitieran alcanzar sus objetivos. Para Napoleón Bonaparte, un problema recurrente y grave era la pérdida de sus combatientes en tierra y mar a causa de la intoxicación alimentaria y la malnutrición.

Fue así como Napoleón Bonaparte pidió al Ministerio Francés del Interior su intervención para ofrecer un premio a quien inventara un proceso que le permitiera almacenar los alimentos por más tiempo y transportarlos a largas distancias, a fin de asegurar un suministro seguro, suficiente y nutritivo a sus combatientes. Este premio fue ofrecido en 1795 y entregado en 1810 al pastelero francés Nicolas Appert por su invención del método de calentamiento de alimentos en recipientes de cristal, cerrados con tapones de corcho bañados en agua hirviendo, que sentaron las bases de la preservación hermética de alimentos (Appert, 1812).

La carrera para frenar el deterioro de los alimentos

Appert describió los métodos de conservación de 50 alimentos en su obra titulada *“El arte de conservar toda clase de sustancias animales y vegetales”* (Appert, 1812). Appert estudió y descifró los tiempos y las temperaturas que los distintos alimentos requerían para preservarse, asegurándose de mantener un cierre hermético con corcho, cera y alambre. Appert incluyó una descripción de los laboratorios y talleres para el procesamiento adecuado de los alimentos, de las características de las botellas y/o envases, e incluso de la forma de distinguir las botellas o jarrones que “podrían estropearse”. La atención y el detalle en las descripciones presentes en su obra fueron valorados por los miembros de la Junta de Artes y Manufacturas adscrita al Ministerio Francés del Interior, quienes reco-

nocieron la utilidad del método de preservación de alimentos y le otorgaron el premio y la recompensa de 12 000 francos a Nicolas Appert (Appert, 1812).

Nicolas Appert había logrado sentar las bases de la preservación de comestibles, pero desconocía las causas de fondo que propiciaban el cambio en las propiedades y deterioro de frutas, verduras, carnes y sus derivados proteicos. Fue entonces cuando el químico y microbiólogo francés Louis Pasteur retomó el procesamiento de alimentos y bebidas, con una base sólida de conocimientos que le permitió reconocer el uso, el control y el manejo de los microorganismos en los procesos de fermentación y pasteurización.

Hasta ese momento, el uso de botellas de vidrio y las propiedades de este material —inerte y neutro, — sirvieron como medio de envasado aséptico y seguro para los alimentos. No obstante, estos recipientes eran sumamente frágiles, pesados y difíciles de transportar. Fue entonces cuando el comerciante inglés Peter Durand innovó en la preservación de alimentos al proponer el uso de varios recipientes además del vidrio, como la cerámica, el estaño y otros materiales similares. Durand experimentó con carne, sopas y leche que, por razones desconocidas, solo colocó en latas de hojalata. Peter Durand era comerciante, por lo que entendía la importancia de contar con algún tipo de envase que facilita su transporte y manejo, lo que le dio el toque de utilidad y practicidad necesario para el envasado de alimentos. Como resultado de ello, Durand obtuvo la patente número 3372 otorgada el 25 de agosto de 1810 por el rey Jorge III de Inglaterra (Feathersto-

ne, 2012). Como buen comerciante, Durand vendió su patente por 1000 libras esterlinas a los ingleses Bryan Donkin y John Hall, quienes empezaron a producir sus primeros productos enlatados para su comercialización en 1813. En 1818, Durand introdujo el uso de latas para la preservación de alimentos en Estados Unidos, lo que le permitió re-patentar su patente original británica en otro continente y obtener el doble de ganancia por su innovación tecnológica (Paché, 2025).

Así, la invención de los alimentos enlatados ha impactado todos los aspectos de la humanidad. Featherstone (2012) y Paché (2025) reconocieron que, al principio, las latas se fabricaban con hierro sumergido en estaño fundido, lo que evitaba su corrosión, mientras que los extremos de los recipientes se soldaban con plomo. Por ello, estas latas eran resistentes, aunque debían abrirse con martillo y cincel, lo que las hacía pesadas y poco prácticas de usar.

La revolución siderúrgica: un camino paralelo de descubrimientos

Los procesos tecnológicos para producir acero (aleación de hierro y carbono) se desarrollaron de manera independiente en distintos contextos culturales. Para el siglo XVIII se vivió un impulso sin precedentes en el desarrollo de las tecnologías asociadas a la producción de acero y hierro, que desempeñaron un papel protagónico en la Revolución Industrial, como parte de la construcción de

medios de transporte terrestres y marítimos, así como en la icónica máquina de vapor, elemento distintivo de la época. Durante esta revolución sociocultural y económica de Europa, un pequeño objeto se fue posicionando como elemento común en la vida de las personas y dio pauta a la invención de la comida enlatada tal como la conocemos hoy.

La lucha contra la contaminación y adulteración de los alimentos

Motivado por una mente inquieta, el químico alemán Friedrich Accum realizó un estudio detallado de los alimentos consumidos en Inglaterra que podrían estar contaminados por compuestos de plomo, los cuales detalló en su obra titulada *“Química Culinaria: Exhibición de los principios científicos de la cocina, con instrucciones concisas para preparar encurtidos, vinagres, conservas, jaleas de frutas, mermeladas y otras sustancias alimenticias buenas y saludables empleadas en la economía doméstica con observaciones sobre la constitución química y las cualidades nutritivas de diferentes tipos de alimentos con platos de cobre”* (Accum, 1821).

La obra de Accum incluyó a detalle los métodos de control y manejo de una gran variedad de productos alimenticios de gran valor para la ciencia, pero también fue un llamado a la implementación de sistemas regulados de control para la inocuidad alimentaria. Accum logró ese llamado de aten-

ción al presentar en su obra las siguientes reflexiones: ¿Por qué nos vemos obligados a ingerir una cantidad excesiva de veneno que podríamos evitar tan fácilmente? ¿Y por qué nos vemos constantemente obligados a arriesgar nuestras vidas participando en nantillas, postres y manjares blancos, sazonados con un veneno mortal extraído del *prunus lourocerasus*? El trabajo de Accum permitió reconocer que existía todo un tema de investigación científica y tecnológica necesario para garantizar la seguridad de los alimentos para el consumo humano, por lo que la química, como disciplina, se insertó como un nuevo campo de investigación asociado a los alimentos, su inocuidad y su preservación.

Con los avances en el desarrollo tecnológico, fue posible innovar en el proceso de enlatado de alimentos mediante el uso de la autoclave a vapor a presión y la mejora del diseño de las latas. Bigelow (1928) reconoció que la producción de alimentos enlatados generó mercados especializados en química y metalurgia que acompañaron nuevas técnicas de conservación de alimentos en 1920. De acuerdo con Pearson (2016), los alimentos enlatados se convirtieron en un producto de consumo básico para las poblaciones urbanas de las principales ciudades europeas y norteamericanas. A nivel social, se reforzó la idea de que la adquisición y el consumo de los alimentos enlatados eran símbolo de progreso, lo que favoreció su auge, expansión en el mundo e integración en las economías mundiales en los siglos XIX y XX (Featherstone, 2012; Paché, 2025).

Hasta nuestros días podemos decir que la industria de los alimentos enlatados ha

transformado la dinámica económica y social en muchos lugares del mundo. El aspecto negativo es que los alimentos enlatados han desplazado las prácticas y técnicas de producción de alimentos locales y tradicionales, lo que, a su vez, ha contribuido a la homogeneización de la dieta agroindustrial humana (Paché, 2025). Esta industria, a su vez, ha tenido un impacto importante en el ambiente, tal como lo documentó Cima (2011), quien estimó una producción anual de 60 000 toneladas de compuestos organometálicos de estaño necesarios para la industria de alimentos enlatados, lo que se traduce en la generación de residuos metálicos de desecho y en contaminación ambiental.



El aspecto humanitario de los alimentos enlatados

El estadounidense Gail Borden descubrió el método para elaborar leche condensada y evaporada, que se utilizó como sustituto de la leche materna y fue el preámbulo para la producción de una gran variedad de

fórmulas infantiles (papillas dulces y saladas), que fueron clave para la supervivencia y la nutrición infantil de los huérfanos en Europa y Estados Unidos (Schuman, 2003).

Más allá de sus orígenes, los alimentos enlatados han desempeñado un papel fundamental en la construcción y el fortalecimiento de una cultura de la paz, por lo que han abordado aspectos humanos profundos e incluso han ocupado un lugar protagónico en la cultura contemporánea. Por ejemplo, Toscano (2020) describió, desde la perspectiva de la participación de la Fuerza Expedicionaria Brasileña en la campaña en Italia, que las latas de alimentos estadounidenses impresionaba a los soldados brasileños por su higiene y practicidad, por lo que se trataban con cariño e incluso se utilizaban como joyeros. En situaciones de guerra y desastres naturales, las personas nos solidarizamos, nos unimos y enviamos alimentos enlatados como ayuda a quienes sufren y enfrentan condiciones adversas.

Desde el punto de vista cultural, las latas que contenían alimentos conservados se posicionaron como elemento simbólico y de progreso en la cultura material. Así, en el siglo XX, las obras del artista plástico Andy Warhol marcaron un hito en la representación de los alimentos enlatados en el arte pop. Andy Warhol exhibió las primeras pinturas de 32 latas de sopa Campbell en la Galería Ferus de Los Ángeles en 1962. En 1968 presentó la obra "Sopas de Campbell I Consumé" (de Res) como parte de la corriente de la cultura material del momento.

Los alimentos enlatados surgieron como una necesidad en tiempos de guerra, pero fue gracias al fortalecimiento de alianzas y a una serie de descubrimientos científicos y tecnológicos que se consolidó una industria dedicada a la preservación de alimentos en lata.

Los alimentos enlatados han permitido promover valores humanitarios como productos básicos de ayuda para sectores poblacionales vulnerables, en condiciones de conflicto armado y de desastres naturales. Las latas por sí mismas han adquirido un valor simbólico a nivel social y cultural, por lo que son valoradas, adquiridas, reutilizadas e incluso representadas como parte importante de la sociedad y cultura actuales.

No hay que olvidar que la industria de los alimentos en conserva tiene un impacto negativo en las prácticas de producción de alimentos tradicionales y en el medio ambiente, por lo que es importante estar informado y consciente de las decisiones que tomamos día a día respecto de lo que compramos, comemos y desecharmos.

Referencias

- Accum, F. C. (1821). *Culinary Chemistry: Exhibiting the scientific principles of cookery, with the concise instructions for preparing good and wholesome pickles, vinegar, conserves, fruit jellies, marmalades, and various other alimentary substances employed in domestic economy with observations on the chemical constitution and nutritive qualities of different kinds of food with copper plates*. Published by R. Ackermann, 101, Strand. London.

- Appert, N. (1812). The Art of Preserving All Kinds of Animal and Vegetable Substances for several years. 2nd Edition, Translated from the French. Black, Parry & Kingsbury.
- Bigelow, W. (1928). Chemistry and the food industries: Chemistry and the canning industry. *Industrial & Engineering Chemistry*, 20(12), 1286-1289. <https://doi.org/10.1021/ie50228a002>
- Cima, F. (2011). Tin: Environmental pollution and health effects. *Encyclopedia of Environmental Health*, 10, 351-359. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11198-4>
- Featherstone, S. (2012). A review of development in and challenges of thermal processing over the past 200 years—A tribute to Nicolas Appert. *Food Research International*, 47(2), 156-160. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.034>
- Paché, G. (2025). Canning the World, One Empire at a Time. *Review of History and Political Science*, 12, 1-12. <https://doi.org/10.15640/rhps.v12p1>
- Pearson, G. (2016). The democratization of food: Tin cans and the growth of the American food processing industry, 1810-1940. Unpublished doctoral dissertation. Bethlehem (PA): Lehigh University.
- Schuman, A. J. (2003). A concise history of infant formula (twists and turns included). *Contemporary Pediatrics-Montvale-*, 20(2), 91-106.
- Toscano, F. D. O. (2020). A guerra das scatolettas: cultura material e comidas enlatadas entre os soldados da Força Expedicionária Brasileira na Itália. *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*, 28, e47:1-22. <https://doi.org/10.1590/1982-02672020v28e47>

Angélica María Hernández-Ramírez, bióloga y doctora en ecología y manejo de recursos naturales. En calidad de investigadora y docente de la Universidad Veracruzana, adscrita al Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes, participa en el Programa de Maestría en Estudios Transdisciplinarios para la Sostenibilidad. Dentro de sus líneas de investigación se encuentra la Gestión Ambiental y Sustentabilidad, en donde incorpora el tema de Seguridad y soberanía alimentaria.

Email: angehernandez@uv.mx



ARSÉNICO EN EL AGUA: EL ENEMIGO INVISIBLE QUE AMENAZA LA SALUD

Eligio Pastor Rivero Martínez y Francisca Alicia
Rodríguez Pérez



Resumen

¿Sabías que en México y en muchas otras regiones del mundo el agua puede contener arsénico? Este veneno invisible ha causado gran preocupación por los daños a la salud que puede ocasionar. El arsénico es un elemento químico presente de forma natural en la corteza terrestre y puede contaminar las fuentes de agua, especialmente las subterráneas. La exposición prolongada al agua contaminada conlleva riesgos severos que afectan la calidad y las expectativas de vida de la población. Por ello, se han desarrollado diversas tecnologías para eliminarlo del agua potable. Recientemente se ha investigado un proceso llamado electrodeionización, que emplea electricidad para eliminar iones de compuestos de arsénico. Lo más interesante es que esta técnica no requiere añadir químicos ni materiales adicionales y tampoco genera residuos sólidos contaminantes. En otras palabras, se trata de una alternativa innovadora y mucho más amigable con el medio ambiente, que abre nuevas posibilidades para garantizar un agua más segura y saludable.

Acceso al agua segura, un reto global

El agua es el líquido maravilloso que permite la vida en nuestro planeta. Este líquido es tan importante para la vida que la primera pregunta que nos hacemos para saber si hay vida en otros planetas es: ¿Hay agua? Efecti-

vamente, gran parte de los proyectos espaciales está interesada en determinar si hay agua en otros cuerpos celestes. En nuestro planeta tenemos la fortuna de contar con una gran cantidad de agua, que ha permitido el desarrollo de la vida en las formas más variadas que uno pueda imaginar. Nosotros mismos, los seres humanos, surgimos gracias al agua y dependemos por completo de ella. Nuestra supervivencia está ligada al agua, pero solo una pequeñísima fracción del agua del planeta podemos utilizarla para satisfacer nuestras necesidades de todos los días. Actualmente, la disponibilidad de agua potable es uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad.

El agua subterránea puede parecer limpia, pero no lo está

Desafortunadamente, la disponibilidad del líquido vital para la población ha disminuido. Mientras la demanda sigue creciendo debido al aumento de la población y de las actividades humanas. La necesidad de una mayor cantidad de agua nos ha llevado a extraerla de fuentes subterráneas cada vez más profundas. Esta agua subterránea puede parecer limpia, pero en realidad contiene diversos minerales, sales y otros componentes que no siempre son deseados. Uno de los más preocupantes es el arsénico, un veneno que a veces se encuentra en este tipo de agua en concentraciones peligrosas, sin que podamos detectarlo a simple vista (Figura 1).



Figura 1. Agua subterránea contaminada con una sustancia invisible: el arsénico.

El arsénico es uno de los compuestos químicos de mayor preocupación en el mundo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (World Health Organization, 2019). Aun cuando el arsénico se encuentra en los seres vivos en muy bajas concentraciones, bajo ciertas condiciones es muy tóxico y produce diferentes enfermedades. El arsénico se ha asociado con el cáncer de vejiga, pulmón, piel, riñón, fosas nasales, hígado y próstata. También se conocen daños no cancerígenos, entre los cuales se encuentran: engrosamiento y decoloración de la piel, malestares estomacales, náuseas, vómito, diarrea, entumecimiento de pies y manos, parálisis parcial y ceguera (Environmental Protection Agency, 2001).

¿Cómo llega el arsénico a nuestra agua?

El arsénico puede entrar en el cuerpo humano por exposición, a través de los alimentos, o principalmente, por el consumo de agua con altas concentraciones de este metaloide. Pero ¿cómo llega el arsénico al agua? Hay varias formas, la mayoría de las veces es por procesos geológicos naturales. El agua, al estar en contacto con rocas y minerales que contienen arsénico, disuelve parte de este (Hao et al., 2018). De esta manera, el agua, al filtrarse a través del suelo hacia los mantos freáticos, se contamina con arsénico y otros compuestos. También existe la contaminación del agua por arsénico, ocasionada por actividades humanas como la minería y el uso de pesticidas y herbicidas, entre otras. La Organización Mundial de la Salud ha recomendado un límite máximo para proteger nuestra salud: no debe haber más de 10 microgramos de arsénico por litro de agua potable (World Health Organization, 2019).

En México, una de las principales fuentes de agua potable es de origen subterráneo y hay regiones donde es la única fuente. Esta agua se originó por filtración a través del suelo y las rocas. En este recorrido natural, el agua puede arrastrar consigo minerales, microorganismos y, en algunos casos, sustancias tóxicas como el arsénico. Se ha estimado que 8,81 millones de personas en México están expuestas al agua con niveles de arsénico superiores al límite recomendado por la OMS (10 microgramos por litro),

esta exposición prolongada podría provocar más de 13000 casos de cáncer (Alarcón-Herrera et al., 2020). El arsénico se encuentra presente en el agua subterránea de muchos países. En nuestro país se encuentra en acuíferos del norte, noroeste y centro de México, así como en zonas mineras o geotérmicas (Alarcón-Herrera et al., 2020). Los estados con concentraciones de arsénico por encima de 25 microgramos por litro son Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán y Yucatán.

¿Cómo se puede eliminar el veneno invisible del agua?

Se han propuesto diversos métodos para reducir la concentración de arsénico en el agua hasta niveles seguros, por debajo de 10 microgramos por litro. Algunos de los métodos propuestos se basan en el uso de materiales sólidos especiales en los que el arsénico puede quedar atrapado en su superficie mediante un proceso llamado adsorción. Es como si el contaminante se “pegara” al material, lo que facilita su remoción. Otro método, común en plantas de tratamiento de agua, llamado coagulación, consiste en la adición de una sustancia que provoca la formación de grumos o aglomerados de arsénico y otras impurezas, para su posterior separación. También se utiliza una técnica llamada intercambio iónico, en la que se emplean resinas en forma de pequeñas esferas capaces de retener los iones de los compues-

tos de arsénico y liberar en su lugar iones inocuos. Mediante este proceso de “trueque” químico se logra purificar el agua. Algunos otros métodos utilizan membranas para separar el arsénico, o incluso procesos biológicos (Hao et al., 2018; Jain & Singh, 2012; Alka et al., 2021; Mondal et al., 2013). Algunos de estos métodos han sido seleccionados para su aplicación en plantas de tratamiento de agua para la remoción de arsénico (Hering et al., 2017). Cada país o región puede aplicar la técnica que mejor se adapte a sus necesidades, desde el uso de materiales adsorbentes de fácil acceso hasta el de membranas de alta tecnología.

Un método amigable con el ambiente para limpiar el agua de arsénico

Un método novedoso para la remoción de arsénico utiliza resinas y membranas de intercambio iónico para extraer iones de arsénico mediante corriente eléctrica y se considera una tecnología amigable con el medio ambiente. Las resinas y las membranas se fabrican con materiales poliméricos en forma de pequeñas esferas (perlas) en el caso de las resinas y de láminas delgadas en el caso de las membranas. En su interior se encuentran sitios con carga eléctrica que permiten el intercambio de iones con el agua. Así, las resinas y membranas pueden ser catiónicas o aniónicas si intercambian iones positivos (cationes) o iones negativos (aniones), respectivamente.

¿Cómo funciona esta tecnología? La figura 2 ilustra el funcionamiento de la celda de electrodeionización. Esta celda está formada por compartimentos alternados de dilución y concentración. El primero, por donde circula el agua que se quiere limpiar, contiene una mezcla de resinas aniónicas y catiónicas; el segundo, por donde circula el agua que recibirá el arsénico, típicamente no contiene resina. Los compartimentos están separados por membranas de intercambio iónico que permiten el paso selectivo de iones. La vista ampliada del interior de la celda muestra el arreglo de membranas y resina, e ilustra el movimiento de los iones de acuerdo con el campo eléctrico. En los extremos de la celda se encuentran los electrodos, que se conectan a una fuente de alimentación para suministrar corriente eléctrica a la celda. El agua que contiene arsénico fluye a través de los compartimentos diluidos y concentrados. En el compartimento con la resina, el campo eléctrico impulsa a los iones positivos a moverse a través de la resina y de la membrana catiónica hacia el electrodo negativo. Mientras que los iones negativos son impulsados hacia el electrodo positivo a través de la resina y la membrana aniónica. Otros iones en las soluciones se mueven de manera similar para mantener la neutralidad eléctrica, como se puede ver en la figura. De esta manera, el contenido de arsénico disminuye en el agua diluida hasta alcanzar el valor final deseado.

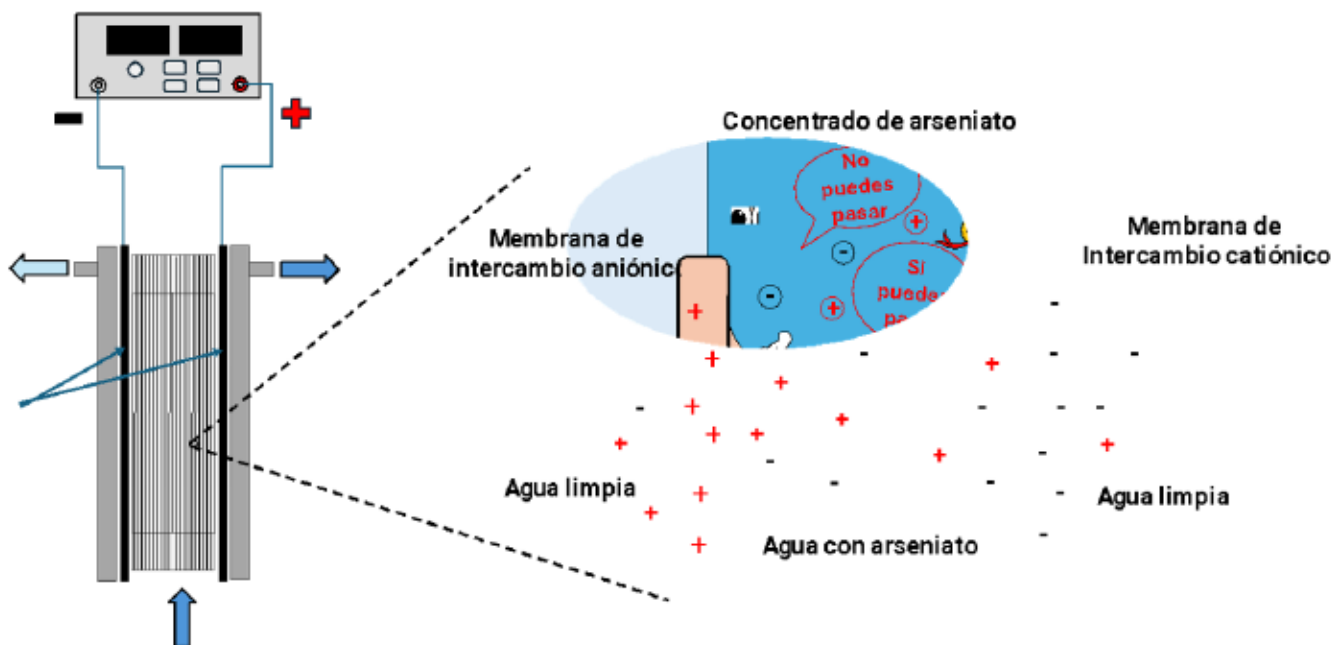


Figura 2. Un método para limpiar el agua de arsénico con electricidad (electrodeionización).

Esta tecnología no requiere agregar nuevos químicos ni materiales, ni genera desechos sólidos contaminantes, lo que la convierte en una alternativa mucho más amigable con el medio ambiente. Las resinas de intercambio iónico se regeneran mediante corriente eléctrica, sin necesidad de agentes químicos. Esto puede ser muy importante en comunidades o zonas con acceso limitado a reactivos químicos. Adicionalmente, se prevé integrar esta tecnología con fuentes de energía renovable, como la solar o la eólica, para cubrir la demanda de energía. Así, no solo se limpia el agua de arsénico, sino que se hace de manera sustentable reduciendo el impacto ambiental y promoviendo el acceso a esta tecnología.

La presencia de arsénico en el agua representa un grave problema de salud pública. La principal contaminación del agua por arsénico ocurre de forma natural, pero el problema se agrava por la excesiva demanda del vital líquido que nos lleva a obtenerla de fuentes subterráneas más profundas donde aumenta la posibilidad de concentraciones altas de arsénico. La exposición prolongada a este metaloide conlleva el riesgo de enfermedades que afectan la calidad de vida y la expectativa de vida de la población. Así, eliminar el arsénico del agua contaminada se convierte en una prioridad que requiere métodos efectivos y accesibles. Si combinamos la investigación científica aplicada con políticas públicas efectivas y la conciencia de la población, se puede eliminar el arsénico para disfrutar de agua potable de calidad, libre de este veneno.

Referencias

- Alka, S., Shahir, S., Ibrahim, N., Ndejiko, M. J., Vo, D.-V. N., & Manan, F. A. (2021). Arsenic removal technologies and future trends: A mini review. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123805. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123805>
- Environmental Protection Agency. (2001). Technical fact sheet: final rule for arsenic in drinking water. 20001XXE.PDF
- Hao, L., Liu, M., Wang, N., & Li, G. (2018). A critical review on arsenic removal from water using iron-based adsorbents, *RSC Advances*, 8(69), 39545–39560. <https://doi.org/10.1039/C8RA08512A>
- Hering, J. G., Katsoyiannis, I. A., Theoduloz, G. A., Berg, M., & Hug, S. J. (2017). Arsenic Removal from Drinking Water: Experiences with Technologies and Constraints in Practice. *Journal of Environmental Engineering*, 143(5), 03117002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001225](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001225)
- Jain, C. K., & Singh, R. D. (2012). Technological options for the removal of arsenic with special reference to South East Asia. *Journal of Environmental Management*, 107, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.04.016>
- Mondal, P., Bhowmick, S., Chatterjee, D., Figoli, A., & Van der Bruggen, B. (2013). Remediation of inorganic arsenic in groundwater for safe water supply: A critical assessment of technological solutions. *Chemosphere* 92(2), 157–170. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.097>

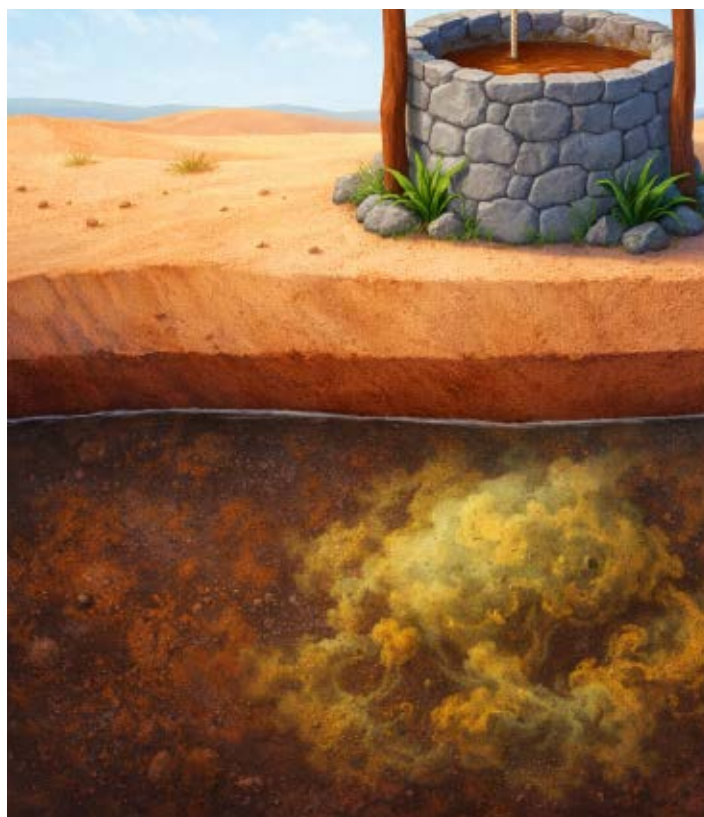
Ortega, A., Oliva, I., Contreras, K. E., González, I., Cruz-Díaz, M. R., & Rivero, E. P. (2017). Arsenic removal from water by hybrid electro-regenerated anion exchange resin/electrodialysis process. *Separation and Purification Technology* 184, 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.04.050>

World Health Organization. (2019). Preventing disease through healthy environments exposure to arsenic: a major public health concern. [who-ced-phe-epe-19-4-1-eng.pdf](https://www.who.int/ced/phe/epe-19-4-1-eng.pdf)



Dr. Eligio Pastor Rivero Martínez. Profesor en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Líneas de investigación: Modelado y análisis de reactores electroquímicos para la recuperación de metales de efluentes, el almacenamiento de energía y la remoción de contaminantes del agua mediante procesos híbridos de intercambio iónico/electrodialisis, entre otros. SNII nivel 2. Mail: priveromtz@msn.com

Dra. Francisca Alicia Rodríguez Pérez. Profesora en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en las carreras de Ingeniería Química y Química Industrial. Líneas de investigación: Procesos electroquímicos para la oxidación de compuestos recalcitrantes; tratamientos electroquímicos para la separación de iones mediante intercambio iónico y electrodialisis. SNII nivel 1. Mail: ica1_alicia@hotmail.com



LA BIOLOGÍA DEL CONFLICTO: EFECTOS CELULARES DE VIVIR SIN PAZ

Jessica Edith Rodriguez, Yanina
Santander Plantamura y Erik
Andrade Jorge



Resumen

El conflicto crónico altera nuestra fisiología, intercambia la prioridad biológica de la homeostasis de la construcción y la reparación celular por la supervivencia inmediata. Esta respuesta de estrés perpetúa mantiene al organismo en modo de guerra, suspendiendo procesos importantes como la digestión y la inmunidad. A largo plazo, la exposición constante al cortisol y la adrenalina causa un desgaste estructural irreparable, derivando en enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, inflamación sistémica y envejecimiento acelerado mediante el acortamiento de los telómeros. Además, produce secuelas biológicas y epigenéticas que pueden heredarse por generaciones. Afortunadamente, el organismo tiene también algunos mecanismos contrarreguladores para disminuir el estrés, ya que al percibir seguridad y conexión emocional, como en un abrazo, se activa el sistema parasimpático y hay liberación de oxitocina, que actúan como antídotos cardioprotectores y antiinflamatorios. En conclusión, la paz no es solo un ideal político, sino un requisito indispensable para la salud celular.

Introducción

Cuando pensamos en la guerra, nuestra mente evoca imágenes de edificios derrumbados, calles desiertas y el estruendo de la artillería. Vemos la destrucción del entorno. Sin embargo, existe otro campo de batalla, mucho más silencioso e invisible que ope-

ra en simultáneo: la respuesta del cuerpo ante esta inmensa situación de estrés. Mucho antes de que una bala impacte o suene una sirena, nuestras células ya han recibido la declaración de guerra. Vivir sin paz no es solo una circunstancia social; es un estado fisiológico alterado en el que la prioridad biológica cambia drásticamente y nuestro organismo deja de “construir y reparar” para dedicarse exclusivamente a “sobrevivir”. En zonas de conflicto o de violencia sistémica, la señal de alarma nunca se apaga, dejando una huella física, medible y, a veces, heredable. ¿Qué le hace el miedo crónico a nuestro ADN? ¿Cómo puede la falta de paz oxidarse por dentro? La biología del conflicto explora qué sucede cuando nuestros tejidos se ven obligados a permanecer en estado de alerta constante. Desde el acortamiento de los telómeros hasta la oxidación celular acelerada que se hereda durante varias generaciones después de la guerra.

Rompiendo la homeostasis: el cuerpo en modo de guerra

En tiempos de paz, nuestro cuerpo opera bajo una regla de oro llamada homeostasis, que es el equilibrio dinámico en el que la energía se distribuye de manera equitativa. Se invierte en infraestructura; es decir, en digerir los alimentos, reparar tejidos dañados, crear nuevas células cerebrales y mantener un sistema inmunológico vigilante. Es un estado de construcción y mantenimiento. Pero, en épocas de estrés absoluto como durante los conflictos armados, el cuerpo hu-

EL CUERPO EN GUERRA Y PAZ: UNA VISIÓN BIOLÓGICA



mano tiene una prioridad evolutiva superior a la salud a largo plazo: la supervivencia inmediata. Cuando nuestros sentidos perciben el peligro, ya sea por el estruendo de un bombardeo, por la amenaza constante de la violencia o al ver a nuestra mamá a punto de lanzarnos “la chancla”, el cerebro activa lo que podríamos llamar la “Biología del Conflicto”. No es una metáfora; es real. En segundos, el organismo entra en modo de guerra. Lo que significa que el cuerpo pone en pausa todo lo que no sea esencial para correr o pelear. El sistema digestivo se detiene y el sistema inmunológico baja la guardia. Es inútil gastar energía en combatir virus o en digerir la torta de chilaquiles si una amenaza armada podría herirte en los próximos cinco minutos. En este sentido, el hígado libera glucosa en

grandes cantidades a la sangre; necesitamos combustible rápido para los músculos y el corazón, no para pensar con claridad ni para reparar tejidos. Los sentidos se agudizan, la presión arterial se eleva para incrementar el flujo sanguíneo hacia las extremidades y los factores de la coagulación sanguínea se organizan rápidamente, preparándose para una posible herida. Este modo de guerra es una obra maestra de la evolución, diseñada para salvarnos la vida en emergencias breves, de unos pocos minutos. Sin embargo, el problema de la guerra moderna y la violencia crónica es que el interruptor nunca se apaga y mantiene esta economía de guerra durante meses o años, lo que conduce inevitablemente a la quiebra. Y en biología, la quiebra se llama enfermedad crónica.

Cortisol-Adrenalina: el sistema de emergencia que no se apaga

Para entender por qué el conflicto nos enferma, primero debemos mirar a nuestro sistema de defensa más antiguo: el eje Hipotálamo-Pituitaria-Adrenal (HPA), nuestro comando central de supervivencia (Van Bodegom et al., 2017). Imaginemos por un momento a nuestros ancestros en la sabana africana; si aparecía un león, el cerebro no tenía tiempo para deliberar, necesitaba energía explosiva e inmediata. En cuestión de milisegundos, el HPA libera grandes cantidades de cortisol y adrenalina. El corazón acelera el ritmo para bombear sangre a los músculos, las pupilas se dilatan y el hígado libera glucosa extra para tener combustible a la mano. El HPA es un mecanismo brillante diseñado para una sola cosa: correr o pelear. Una vez que el león se alejaba, los niveles de estas hormonas bajaban y el cuerpo entraba en modo de reparación. El problema es que, en el siglo XXI, el “león” ya no tiene garras ni colmillos. Ahora el león es una discusión acalorada con tu pareja que dura días, un ambiente laboral tóxico o el resentimiento crónico hacia un familiar. Para nuestro cerebro primitivo, la agresión verbal o la tensión social se interpreta igual que la amenaza física. Si vivimos en un conflicto constante, el interruptor de la alarma se queda pegado en “ENCENDIDO”.

¿Qué sucede cuando el sistema de emergencia no se apaga?

Suspensión de Obras Públicas: El cortisol es un gerente de recursos muy estricto. Para darnos energía en la “guerra”, roba recursos a otros sistemas. Detiene la digestión, inhibe el crecimiento y, lo más peligroso, apaga el sistema inmunológico (Alotiby, 2024). Un cuerpo en conflicto es aquel que deja de vigilar los virus y las células tumorales porque está demasiado ocupado “defendiéndose” de una amenaza emocional.

Desgaste Estructural: La constante liberación de adrenalina, mantiene la presión arterial alta y la glucosa elevada, es como conducir un auto en primera velocidad por la autopista: el motor eventualmente se funde. Esto se traduce en hipertensión, resistencia a la insulina y daño cardiovascular (Tsai et al., 2024).

Muerte neuronal: Quizás lo más irónico del conflicto es que nos hace menos inteligentes. El exceso de cortisol es tóxico para el hipocampo, la región del cerebro encargada de la memoria y el aprendizaje. Literalmente, vivir enojados o con demasiado estrés nos impide pensar con claridad para resolver el problema que nos enojó en primer lugar; además, son factores de riesgo para el desarrollo de Alzheimer (Ouanes & Popp, 2019).

Vivir en conflicto no es solo una mala experiencia psicológica; es un estado metabólico que corroe los cimientos de nuestra salud celular.

La factura a largo plazo: el desarrollo de enfermedades crónicas

Si el estado de alarma durara solo unos minutos, no habría problema. El cuerpo es experto en repararse tras un estrés agudo. El desastre biológico comienza cuando el conflicto se vuelve crónico. Cuando vivimos con rencor, hostilidad o en un ambiente de tensión permanente, el cuerpo nunca recibe la señal de “peligro superado”.

Esta exposición prolongada al cortisol y a la adrenalina transforma la fisiología de supervivencia en una fisiología de enfermedad. Así es como el conflicto constante reescribe nuestro historial médico:

El corazón bajo presión (Cardiotoxicidad): Imagina un sistema de tuberías diseñado para soportar una presión alta sólo durante breves momentos. Si mantenemos esa presión al máximo día y noche, las tuberías se dañan. La adrenalina constante mantiene los vasos sanguíneos contraídos y el corazón latiendo con una fuerza innecesaria. Con el tiempo, esto provoca micro-lesiones en las arterias. Para reparar estas grietas, el cuerpo forma placas mediante la activación de macrófagos. El resultado final no es una sorpresa: hipertensión arterial, aterosclerosis y un riesgo elevado de infarto o de insuficiencia

cardíaca (Yao et al., 2019). Lo que empezó como una discusión, termina como un daño vascular irreversible.

La trampa del combustible y el desarrollo de la diabetes: como mencionamos, el estrés libera glucosa para que tengas energía para pelear. Pero si tu pelea es estar sentado en una oficina furioso con un correo electrónico, esa glucosa no se quema, se queda circulando. El páncreas, confundido, libera insulina para bajar la glucosa, pero el cortisol le impide que funcione bien. Esta estira y afloja constante desgasta al páncreas y hace que las células se vuelvan sordas a la insulina. El conflicto crónico es, literalmente, una autopista hacia la diabetes tipo 2 y la acumulación de grasa visceral (Sharma et al., 2022).

El fuego silencioso (inflamación crónica): Aquí ocurre la paradoja más peligrosa. Aunque el cortisol es antiinflamatorio a bajas dosis, cuando está presente de forma constante, el sistema inmune se vuelve resistente a él y se descontrola. Esto genera un estado de inflamación sistémica de bajo grado. Es como tener un incendio pequeño pero constante dentro de las paredes de tu casa. Esta inflamación silenciosa es el terreno fértil donde prosperan enfermedades autoinmunes, artritis, e incluso favorece el ambiente para que las células cancerígenas se repliquen sin control (Liu et al., 2017).

Envejecimiento acelerado (modificación de los telómeros): A nivel microscópico, el conflicto nos envejece. Se ha demostrado que el estrés psicológico acorta los telómeros; es decir, las tapas protectoras

ras al final de nuestros cromosomas (como los plásticos en las puntas de las agujetas). Cuando los telómeros se desgastan, la célula ya no puede dividirse y muere o entra en senescencia (Yegorov et al., 2020). Vivir en guerra acorta, literalmente, nuestra vida celular.

Evidencia histórica, las cicatrices que no se ven

Lo que explicamos anteriormente no es solo teoría de laboratorio. La historia nos ha dado trágicos experimentos que confirmen cómo el conflicto moldea nuestra biología. Quizás el ejemplo más famoso es el del “Invierno del Hambre” de 1944. Durante el bloqueo nazi de los Países Bajos durante la Segunda Guerra Mundial, miles de mujeres embarazadas sufrieron estrés extremo y hambruna. Tiempo después, los científicos descubrieron que los hijos de esas mujeres, nacidos en la posguerra, desarrollaban diabetes, obesidad y tenían problemas cardíacos, en mayor medida, que los hijos nacidos en condiciones sin este tipo de estrés. Por lo que el conflicto había programado sus metabolismos, desde antes de nacer, para sobrevivir en un mundo hostil que ya no existía (Roseboom et al., 2001). Algo similar se observó en los veteranos de Vietnam: aquellos que, años más tarde, mostraron síntomas de estrés postraumático crónico presentaron una mayor incidencia de hipertensión e insuficiencia cardíaca que la población general. Sus cuerpos, atrapados en una alerta eterna, dañaron su sistema cardiovascular prematu-

ramente (Vaccarino et al., 2013). Y estudios sobre los descendientes de sobrevivientes del Holocausto han ido aún más lejos, estos sugieren que el trauma extremo puede dejar marcas epigenéticas, pequeños interruptores químicos en el ADN, que alteran la forma en que los hijos y nietos procesan el estrés (Yehuda et al., 2016).

La biología de la reconstrucción: cuando la paz finalmente llega

Afortunadamente, la historia no termina en el daño. La evolución no solo nos diseñó para sobrevivir a la guerra, sino también para prosperar en la paz. Nuestro cuerpo tiene un sistema contrarregulatorio igual de poderoso que el del estrés, diseñado específicamente para reparar lo que el cortisol dañó: el sistema nervioso parasimpático.

Cuando nuestro cerebro percibe seguridad, confianza y conexión humana, es decir, los ingredientes biológicos de la paz, activa el nervio vago. Este nervio recorre el cuerpo, dando una orden química clara: «Cesen el fuego». Inicien la reconstrucción.

Aquí entra en escena la protagonista de la concordia: la oxitocina. A menudo mal llamada solo la hormona del amor, la oxitocina es, en realidad, una poderosa hormona cardioprotectora y antiinflamatoria. Sus efectos son el antídoto exacto contra los efectos del conflicto:

- **Limpieza de escombros y efecto antiinflamatorio:** Mientras el cortisol activa la inflamación sistémica, la oxitocina reduce los niveles de citoquinas. Es como enviar a limpiar y barrer los radicales libres para reducir la hinchazón de los tejidos (Nishimura et al., 2022).
- **Reparación de la infraestructura y regeneración cardíaca:** Estudios brillantes han demostrado que la oxitocina es vital para la salud del corazón. Ayuda a reducir la presión arterial dilatando los vasos sanguíneos e, interesantemente, también puede estimular la diferenciación de células madre para reparar el tejido cardíaco dañado. Literalmente, la fisiología de la paz ayuda a sanar un corazón desgastado (Jankowski et al., 2020).
- **Reapertura del comercio (sistema inmune y digestión):** Al apagarse la alerta roja, el cuerpo vuelve a invertir energía en la digestión y en el fortalecimiento del sistema inmunológico. Volvemos a ser capaces de combatir eficazmente virus y bacterias (Welch et al., 2014).

Hemos hecho un recorrido por los procesos alternantes de guerra y paz dentro de nuestro organismo, cabiendo destacar que los efectos biológicos de dicha guerra no terminan con la firma del tratado de paz, toda vez que pueden pervivir durante muchas generaciones. Pero, por otra parte, quizá lo

más importante y poético de la biología es que no podemos activarla solos en una isla desierta, ya que somos mamíferos sociales y la liberación masiva de oxitocina, así como la activación del nervio vago, ocurren principalmente a través de la interacción positiva: por ejemplo: un abrazo, una conversación empática, sentirnos escuchados o perdonar (Ito et al., 2019).

Biológicamente, la paz no es la simple ausencia de guerra; es un estado activo y vigoroso de reparación celular que solo se logra a través de la conexión con el otro. Por lo tanto, vivir en conflicto crónico es un problema de salud pública tan grave como el sedentarismo o el tabaquismo; en tanto que fomentar la cohesión social, la empatía y la resolución no violenta de conflictos no es solo ser buena persona o activista social, sino medicina preventiva de alto nivel.

Cada vez que elegimos respirar antes de gritar, cada vez que optamos por el diálogo en lugar de la hostilidad, no solo estamos mejorando nuestra relación con el otro, sino que también estamos protegiendo nuestros telómeros, cuidando nuestro corazón e invirtiendo en la salud de las generaciones que vendrán. La paz empieza, literalmente, bajo nuestra piel.

Referencias

- Alotiby, A. (2024). Immunology of Stress: A Review Article. *Journal of Clinical Medicine*, 13(21), 6394. <https://doi.org/10.3390/JCM13216394>
- Ito, E., Shima, R., & Yoshioka, T. (2019). A novel role of oxytocin: Oxytocin-induced well-being in humans. *Biophysics and Physicobiology*, 16, 132. https://doi.org/10.2142/BIOPHYSICO.16.0_132

- Jankowski, M., Broderick, T. L., & Gutkowska, J. (2020). The Role of Oxytocin in Cardiovascular Protection. *Frontiers in Psychology*, 11, 2139. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2020.02139>
- Liu, Y. Z., Wang, Y. X., & Jiang, C. L. (2017). Inflammation: The Common Pathway of Stress-Related Diseases. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 316. <https://doi.org/10.3389/FNHUM.2017.00316>
- Nishimura, H., Yoshimura, M., Shimizu, M., Sanada, K., Sonoda, S., Nishimura, K., Baba, K., Ikeda, N., Motojima, Y., Maruyama, T., Nonaka, Y., Baba, R., Onaka, T., Horishita, T., Morimoto, H., Yoshida, Y., Kawasaki, M., Sakai, A., Muratani, M., ... Ueta, Y. (2022). Endogenous oxytocin exerts anti-nociceptive and anti-inflammatory effects in rats. *Communications Biology* 2022 5:1, 5(1), 907-. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03879-8>
- Ouanes, S., & Popp, J. (2019). High cortisol and the risk of dementia and alzheimer's disease: A review of the literature. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11, 435469. <https://doi.org/10.3389/FNAGI.2019.00043/FULL>
- Roseboom, T. J., Van der Meulen, J. H. P., Ravelli, A. C. J., Osmond, C., Barker, D. J. P., & Bleker, O. P. (2001). Effects of prenatal exposure to the Dutch famine on adult disease in later life: An overview. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 185(1-2), 93-98. [https://doi.org/10.1016/S0303-7207\(01\)00721-3](https://doi.org/10.1016/S0303-7207(01)00721-3)
- Sharma, K., Akre, S., Chakole, S., & Wanjari, M. B. (2022). Stress-Induced Diabetes: A Review. *Cureus*, 14(9), e29142. <https://doi.org/10.7759/CUREUS.29142>
- Tsai, S. Y., Hsu, J. Y., Lin, C. H., Kuo, Y. C., Chen, C. H., Chen, H. Y., Liu, S. J., & Chien, K. L. (2024). Association of stress hormones and the risk of cardiovascular diseases systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology Cardiovascular Risk and Prevention*, 23, 200305. <https://doi.org/10.1016/J.IJCRP.2024.200305>
- Understanding the stress response - Harvard Health. (n.d.). Retrieved December 25, 2025, from <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/understanding-the-stress-response>
- Vaccarino, V., Goldberg, J., Rooks, C., Shah, A. J., Veldar, E., Faber, T. L., Votaw, J. R., Forsberg, C. W., & Bremner, J. D. (2013). Post-traumatic stress disorder and incidence of coronary heart disease: A twin study. *Journal of the American College of Cardiology*, 62(11), 970-978. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.04.085>
- Van Bodegom, M., Homberg, J. R., & Henckens, M. J. A. G. (2017). Modulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis by early life stress exposure. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 11, 258409. <https://doi.org/10.3389/FNCEL.2017.00087/FULL>
- Welch, M. G., Margolis, K. G., Li, Z., & Gershon, M. D. (2014). Oxytocin regulates gastrointestinal motility, inflammation, macromolecular permeability, and mucosal maintenance in mice. *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology*, 307(8), G848. <https://doi.org/10.1152/AJPGI.00176.2014>
- Yao, B. C., Meng, L. B., Hao, M. L., Zhang, Y. M., Gong, T., & Guo, Z. G. (2019). Chronic stress: a critical risk factor for atherosclerosis. *The Journal of International Medical Research*, 47(4), 1429. <https://doi.org/10.1177/0300060519826820>
- Yegorov, Y. E., Poznyak, A. V., Nikiforov, N. G., Sobenin, I. A., & Orekhov, A. N. (2020). The Link between Chronic Stress and Accelerated Aging. *Biomedicine*, 8(7), 198. <https://doi.org/10.3390/BIOMEDICINES8070198>
- Yehuda, R., Daskalakis, N. P., Bierer, L. M., Bader, H. N., Klengel, T., Holsboer, F., & Binder, E. B. (2016). Holocaust Exposure Induced Intergenerational Effects on FKBP5 Methylation. *Biological Psychiatry*, 80(5), 372-380. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.08.005>
-
- Dra. Jessica Edith Rodríguez Rodríguez.** Profesora de la carrera de Q.F.B de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, su área de especialidad es en la Farmacología Cardiovascular. Realiza investigación principalmente sobre hipertensión, insuficiencia cardíaca e infarto de miocardio. Su trabajo se publica en revistas indexadas, internacionales y con factor de impacto. Email: jessica.rodriguez@zaragoza.unam.mx
- Dra. Yanina Alejandra Santander Plantamura.** Posdoctorante en la Unidad de Biomedicina de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, su área de investigación es en Hipertensión, enfermedades metabólicas y la relación de los estrógenos con la salud cardiovascular. Su trabajo se publica en revistas indexadas, internacionales y con factor de impacto. Email: santander.yan@gmail.com.
- Dr. Erik Andrade Jorge.** Profesor de tiempo completo y titular del Laboratorio de Biomedicina y Toxicología de la Escuela Superior de Medicina (ESM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Realiza investigación en química medicinal enfocada en el desarrollo de fármacos dirigidos al tratamiento de la hipertensión, el Alzheimer y el cáncer, entre otros padecimientos. Su trabajo se publica en revistas internacionales y con factor de impacto. Email: andrade136@hotmail.com.

AQUÍ HUELE A MUERTE

Nancy Nelly Zurita Méndez, Georgina
Carbajal de la Torre y Marco Antonio
Espinosa Medina



Resumen

La descomposición de un cuerpo es un proceso natural en el que ocurren diversos cambios químicos y biológicos. Uno de los más notorios es la aparición de un olor fuerte y desagradable, comúnmente asociado con la putrefacción de los tejidos. Este aroma es percibido por nuestro sentido del olfato, que detecta pequeñas partículas volátiles liberadas durante la descomposición, conocidas como *necromonas* o *aminas biógenas*. Estas sustancias se forman cuando las bacterias descomponen las proteínas del cuerpo, liberando compuestos específicos. Entre ellos destacan la cadaverina y la putrescina, responsables principales del olor característico de un cuerpo en descomposición. Estas moléculas pueden ser detectadas por el olfato incluso en cantidades muy pequeñas, lo que provoca una reacción inmediata en nuestro cerebro. Como resultado, se activan sensaciones de repulsión, alerta y rechazo, ya que evolutivamente este tipo de olores se asocia con peligro, posibles enfermedades y riesgos para la supervivencia, ayudándonos así a mantenernos alejados de fuentes potencialmente dañinas.

Nuestro olfato

El olfato es el sentido más desarrollado al nacer y es el encargado de percibir las moléculas odoríferas transmitidas por el aire para informar sobre condiciones medioambientales, encontrar alimentos, alertarnos de peligros y puede incluso regular emociones, ya que es el sentido más vinculado a la memoria, lo que lo convierte en un sentido vital para la supervivencia del ser humano (De-Calvo, 2016). Este sentido forma parte del sistema quimiosensorial, el cual contiene neuronas sensoriales olfativas conectadas directamente al cerebro, capaces de estimularse con moléculas microscópicas liberadas por las sustancias que se encuentran a nuestro alrededor (Figura 1) transmitiendo información al sistema límbico donde se interpreta el impulso y se almacena el olor en la memoria (NIH, 2013). El increíble sentido del olfato es muy preciso, y si bien es cierto que cada ser vivo presenta una sensibilidad olfativa única y que la capacidad del cerebro para identificar olores está ampliamente relacionada con la experiencia y aprendizaje individual, también es cierto que no todas las cosas tienen olor, es decir, que solo somos capaces de oler un objeto porque de él se desprenden moléculas volátiles microscópicas que viajan en el aire hasta nuestra nariz.

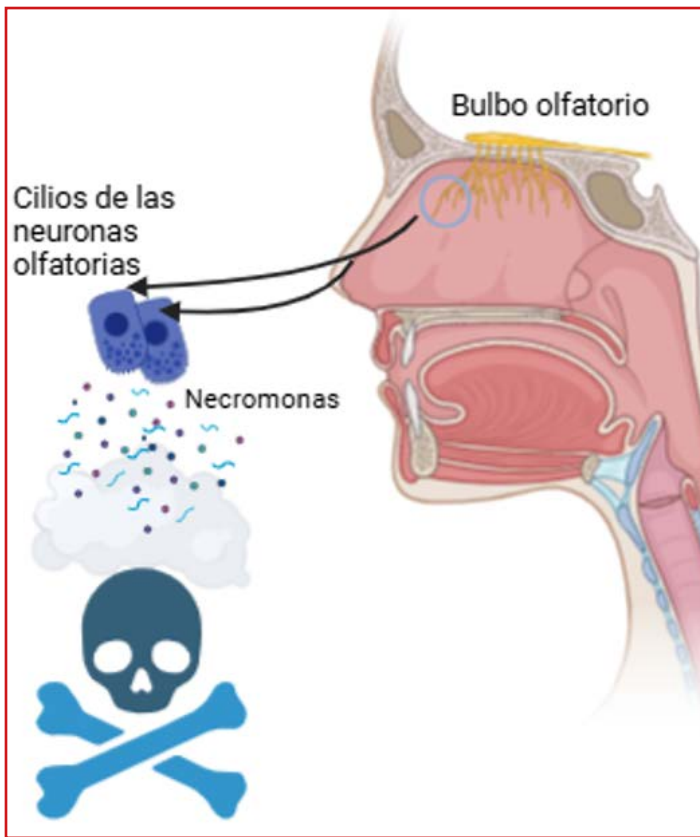


Figura 1. Sentido del olfato y percepción de necromonas (Diseño del autor, imagen creada en BioRender)

Necromonas y su origen

Los cambios postmortem de un cuerpo constituyen la progresión natural de su descomposición comenzando a nivel celular, en donde después de aproximadamente 20 horas se inicia la putrefacción de la materia orgánica por acción de bacterias aeróbicas como *bacilo subtilis*, *Proteous vulgaris* y *E. coli* y termina con la acción de bacterias anaeróbicas, productoras de gases como *Clostridium* (Martínez, 2019); el proceso se complementa por la acción de agentes micóticos, sustancias químicas y diversas es-

pecies de insectos (Figura 2). En esta fase, se detecta en el cadáver un olor asociado a la muerte, un aroma descrito como rancio, picante y con dulzor repugnante, proveniente de las necromonas producidas durante este proceso de descomposición, y que son captadas por los receptores de nuestro órgano olfativo en concentraciones muy pequeñas, lo que provoca comportamientos defensivos y de huida.



Figura 2. Agentes de putrefacción de la materia orgánica (Diseño del autor, imagen creada en BioRender)

Metabolismo básico de formación de la putrescina y la cadaverina

Las proteínas son moléculas que están presentes en los organismos siendo componentes estructurales de las células y tejidos,

están formadas por bloques de construcción conocidos como aminoácidos, los cuales pueden clasificarse como esenciales (adquiridos en la dieta) y no esenciales (producidos por el organismo); existe una gran variedad de aminoácidos, sin embargo, la formación de las necromonas asociadas al aroma putrefacto inicia con los aminoácidos lisina y ornitina (Luque-Guillén, s.f.), las cuales participan en el metabolismo de los ácidos grasos y en el ciclo del ácido cítrico.

En la muerte, las bacterias que inician la putrefacción eliminan los grupos carboxilo (-COOH) de estos aminoácidos en forma de dióxido de carbono, originando la formación de aminas con aroma característico (Figura 3). Estas aminas biógenas son de carácter básico y su formación inicia a temperaturas aproximadas de 20 a 23 °C, comenzando a ser perceptibles entre 2 y 4 días de iniciada la putrefacción y alcanzando su máxima concentración entre 10 y 20 días (Serrano, 2018). Las aminas biógenas como la putrescina y la cadaverina son poliaminas con grupos R-NH² distribuidos de forma regular a lo largo de su estructura, estas estructuras tienen una gran importancia en los procesos de señalización, replicación, transcripción, traducción, crecimiento, desarrollo, diferenciación y apoptosis celulares y están relacionadas en la carcinogénesis, en el crecimiento de tumores y en enfermedades neurodegenerativas (Guasco, 2014).

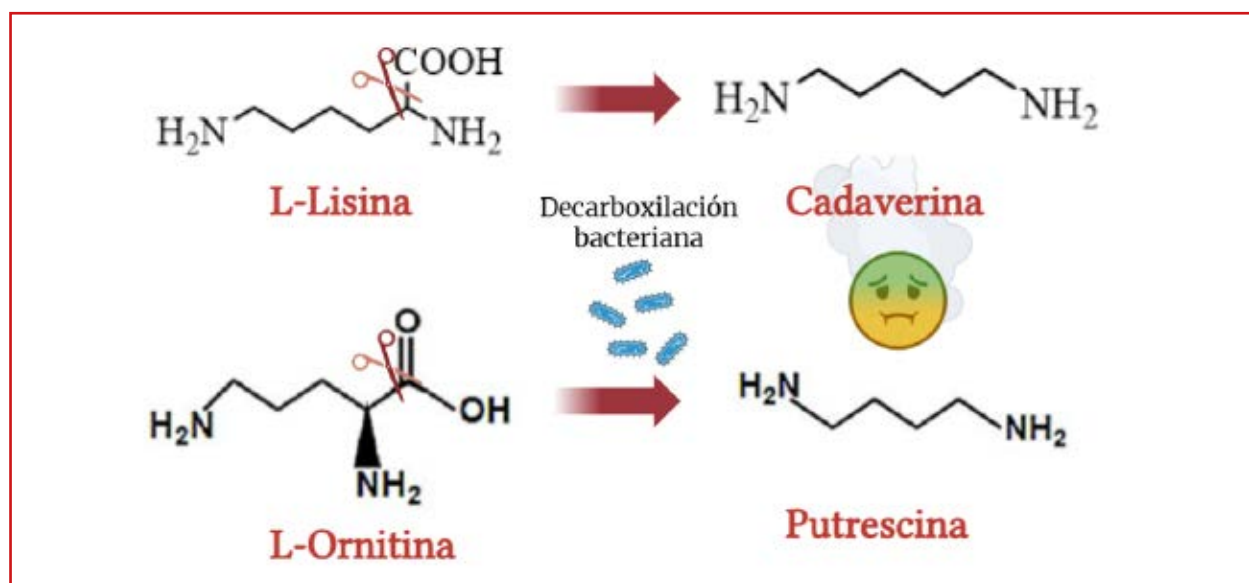


Figura 3. Formación de las necromonas cadaverina y putrescina (Diseño del autor, imagen creada en BioRender)

Existen otras aminas biógenas como la espermidina y espermina (presentes en el semen), la agmatina (se encuentra en el cerebro) y la triptamina (presente en el sistema nervioso central y en aislados vaginales humanos), la característica de estos compuestos es principalmente el mal olor con el que se asocian, y el cóctel de necromonas emitidas por un cuerpo

en descomposición, nuestro sentido del olfato reacciona identificando el aroma como desagradable y produciendo una reacción de huida como protección y salvación ya que nos alertan de un peligro inminente: la muerte.

El estudio de los procesos de descomposición cadavérica revela la compleja interacción entre fenómenos biológicos, químicos y bacterianos que generan compuestos volátiles responsables del característico olor asociado a la muerte. Entre ellos, la putrescina y la cadaverina destacan por su baja concentración umbral y su capacidad de activar respuestas defensivas instintivas en el ser humano, lo cual representa un mecanismo evolutivo de protección frente a potenciales riesgos.

Asimismo, el análisis del olfato como sistema quimiosensorial pone de manifiesto su relevancia no solo para la supervivencia, sino también para la memoria, la emoción y la conducta, y constituye un vínculo directo entre el entorno y la respuesta cerebral. El papel de las necromonas ilustra la importancia de comprender cómo los olores transmiten información vital y desencadenan respuestas inmediatas que contribuyen a la preservación de la vida.

Por último, la relación de las aminas biógenas con procesos celulares esenciales, así como con patologías como el cáncer o las enfermedades neurodegenerativas, abre una línea de investigación de interés para la biomédica y la forense, donde el entendimiento de estas moléculas puede aportar tanto en el ámbito de la salud como en el de la criminología.

Referencias

- De-Calvo, O.L. (2016). Capítulo 18: Fisiología del olfato. En *Fisiología Humana*, McGraw-Hill Education. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1858§ionid=134364259>
- Guasco Herrera, C., Chávez Servín, J.L., Ferriz Martínez, R.A., De la Torre Carbot, K., Elton Puente, E., y García Gasca, T. (2014). Poliaminas: pequeños gigantes de la regulación metabólica. *REB. Revista de educación bioquímica*, 33(2), 51-57. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952014000200004&lng=es&tlng=es.
- Martínez-Sosa, L.K. (2019). Bioquímica forense: el papel de las bacterias en la putrefacción cadavérica. *Visión Criminológica-Criminalística*. Tomado de: https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1904/Articulo09_bioquimica-forense.pdf
- NIH (2013). Trastornos del olfato. Institutos Nacionales de la Salud. Instituto Nacional de la Sordera y Otros Trastornos de la Comunicación. 09-3231 S. Tomado de: [https://www.nidcd.nih.gov/es/espagnol/trastornos-del-olfato#:~:text=siglas%20en%20ingl%C3%A9s\).-,%20BFC%C3%B3mo%20funciona%20el%20sentido%20del%20olfato%3F,especializadas%2C%20llamadas%20neuronas%20sensoriales%20olfativas](https://www.nidcd.nih.gov/es/espagnol/trastornos-del-olfato#:~:text=siglas%20en%20ingl%C3%A9s).-,%20BFC%C3%B3mo%20funciona%20el%20sentido%20del%20olfato%3F,especializadas%2C%20llamadas%20neuronas%20sensoriales%20olfativas)
- Luque-Guillén, M. V. (s.f.). Estructura y Propiedades de las Proteínas. Máster Ingeniería Biomédica.
- Serrano Valenciano, M. (2018). La química de los fenómenos cadavéricos. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*. ISSN 2174-9019
-
- Dra. Nancy Nelly Zurita Méndez.** Investigadora posdoctoral de Secihti, cuya línea de investigación es sobre el desarrollo de biomateriales para aplicaciones en ingeniería de tejidos, específicamente para sustitutos óseos., adscrita a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Email: nancynellyzurita@gmail.com
- Dra. Georgina Carbajal de la Torre.** Profesora de tiempo completo, cuya línea de trabajo es la ciencia de materiales, con énfasis en nanomateriales, adscrita a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Email: georginacar@gmail.com
- Dr. Marco Antonio Espinosa Medina.** Profesor de tiempo completo, cuya línea de trabajo es sobre el estudio de la corrosión de materiales, adscrito a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Email: marespmed@gmail.com

INSEGURIDAD ALIMENTARIA...

¿UN INGREDIENTE DE GUERRA?

Itzel A. Torres Ramírez



Resumen

La seguridad alimentaria se define como el proceso en el cual todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen las necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana. Este concepto acuñado en 1996 depende de cuatro dimensiones críticas: disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad. El siguiente artículo analiza cómo los conflictos armados vulneran directa e indirectamente estas dimensiones, en las distintas clasificaciones del estándar mundial CIF para medir la inseguridad alimentaria transformado la carencia de alimentos de una consecuencia inevitable a una herramienta estratégica, representando un impacto nutricional en ocasiones irremediable para las poblaciones intervenidas. La cultura de la paz se analiza como una estrategia educativa que busca generar un estado positivo en el que se promueve la justicia, la igualdad, el respeto mutuo y la cooperación, provocando así la ausencia de conflictos armados.

Introducción

La seguridad alimentaria es un concepto mencionado por primera vez en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en 1996 (FAO, 2023).

Es esencial identificar que para el cumplimiento de la seguridad alimentaria se deben cubrir sus 4 dimensiones:

- **Disponibilidad:** nivel de producción y de existencia de alimentos en el territorio.
- **Acceso:** capital de los individuos para adquirir los alimentos disponibles en su territorio.
- **Utilización:** La manera en que el cuerpo se nutre de los alimentos ingeridos.
- **Estabilidad:** Estar seguros de que en un futuro —aunque este sea cercano— se podrá obtener la misma cantidad y calidad de alimentos, aun ante la intervención de factores climáticos, políticos y económicos.

La inseguridad alimentaria se presenta cuando una o más dimensiones de la seguridad alimentaria se ven afectadas, clasificándose de manera breve como:

- **Inseguridad alimentaria crónica:** Ocurre cuando el individuo no puede consumir alimentos de forma prolongada.
- **Seguridad alimentaria aguda:** Ocurre cuando la vida o los medios de suministro de alimentos están en peligro inmediato (Anthem, 2025).

Sin embargo, actualmente existen medidas para identificar la inseguridad alimentaria.

- **Escala de experiencia de inseguridad alimentaria (FIES):** Mide el acceso a los alimentos en términos de calidad y cantidad, a partir de la experiencia directa de la población.
- **Clasificación integrada de las fases de la seguridad alimentaria (CIF):** información utilizada por los gobiernos para clasificar las áreas geográficas en diferentes fases de la seguridad alimentaria, y que extiende el concepto básico de inseguridad crónica y aguda.

Identificando la CIF como el estándar mundial para medir la inseguridad alimentaria, podemos identificar 5 fases:

1. **Fase 1, inseguridad alimentaria aguda o mínima:** los individuos pueden satisfacer sus necesidades alimentarias sin recurrir a estrategias insostenibles para acceder a alimentos e ingresos, presentan cantidad y calidad de alimentos de manera constante.
2. **Fase 2, estrés de inseguridad alimentaria:** Los individuos tienen un consumo de alimentos mínimamente adecuado y aún pueden permitirse artículos alimentarios no esenciales, sin embargo, tienen ingresos insostenibles, enfrentan dificultades para

acceder a necesidades básicas y, aunque tienen una dieta adecuada, apenas la pueden adquirir o costear.

3. **Fase 3, crisis de inseguridad alimentaria aguda:** Los individuos apenas pueden satisfacer sus necesidades alimentarias, hay opciones limitadas de alimentos, con grave interrupción en los ingresos.
4. **Fase 4, emergencia de inseguridad alimentaria aguda:** Los individuos presentan grandes brechas en el consumo de alimentos y una alta prevalencia de desnutrición aguda, con acceso a tres o menos grupos de alimentos y con ingresos inestables.
5. **Fase 5, catástrofe o hambruna:** limitación o falta total de acceso a alimentos y a diversas necesidades básicas, con acceso nulo a ingresos (Socios Mundiales de la CIF, 2021).



Tabla 1. Resumen de las escalas de la CIF (Socios Mundiales de la CIF, 2021).

	Inseguridad alimentaria aguda	Inseguridad alimentaria crónica	Desnutrición Aguda
Definiciones de la CIF de inseguridad alimentaria y desnutrición aguda	Inseguridad alimentaria localizada en un punto específico en el tiempo y de una gravedad que amenaza vidas o medios de vida, o ambos, independientemente de las causas, el contexto y la duración.	Inseguridad alimentaria que persiste en el tiempo principalmente debido a causas estructurales, incluida la inseguridad alimentaria estacional intra-anual.	Desnutrición aguda (DA) expresada por la delgadez de los individuos o la presencia de edema.
Provee información para la acción con objetivos estratégicos específicos	Objetivos a corto plazo para prevenir o disminuir la inseguridad alimentaria aguda significativa que amenaza vidas o medios de vida.	Mejora a mediano y largo plazo de la calidad y cantidad del consumo de alimentos para una vida activa y saludable	Objetivos a corto plazo para prevenir o disminuir las altas prevalencias de desnutrición aguda.
Categorías de severidad	Cinco fases de severidad: (1) Mínima/aguda (2) Acentuada (3) Crisis (4) Emergencia (5) Catástrofe/Hambruna	Cuatro niveles de severidad: (1) Mínima/Ninguno (2) Leve (3) Moderada (4) Severa	Cinco fases de severidad: (1) Aceptable (2) Alerta (3) Grave (4) Crítica (5) Extremadamente crítica
Enfoque analítico	Identificación de áreas con una alta proporción de hogares con brechas significativas en el consumo de energía o en el acceso a la energía alimentaria, o que aplican estrategias de cambio de medios de vida, lo que puede poner en peligro sus vidas o sus medios de vida.	Identificación de áreas con una gran proporción de hogares con una incapacidad a largo plazo para adquirir alimentación adecuada, tanto en términos de macro y micronutrientes	Identificación de áreas con una gran proporción de niños emaciados o con edema

Un concepto acuñado a lo largo de la historia

La seguridad alimentaria ha sido una problemática constante en la historia mundial y sigue vigente debido principalmente a la ausencia de su última dimensión, donde, debido a problemas políticos, climáticos y económicos, se ve privado de alimentos un grupo de

personas o un territorio, lo que abarca desde reducciones temporales hasta momentos de hambruna.

Históricamente este concepto cobra importancia para la Sociedad de Naciones- antecesora de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)- después de la primer guerra mundial, la cual, desencadenó efectos negativos sobre la economía y la producción de alimentos haciendo caer al mundo en un déficit alimentario, a partir de ese momento y en años posteriores se tomaría partido en resguardar el estado alimenticio de distintos países poniendo como prioridad a países participantes en el conflicto o potencias económicas, sin embargo, estos esfuerzos se vieron opacados por el inicio de la segunda guerra mundial, debido a que la atención ya destinada a la falta de alimentos y recursos para el bienestar se vio inclinada a resolver los conflictos políticos (Maleta, 2024).

Siendo las guerras y sus estragos futuros un motivo para acuñar el concepto de seguridad alimentaria, en 1974 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) organizó en Roma la conferencia mundial sobre la alimentación donde surgió por primera vez el concepto de seguridad alimentaria de manera no tan estructurada como lo conocemos actualmente, sino como un vistazo al compromiso de generar alimentos accesibles o costeables para las sociedades en el momento. Aunque parezca increíble debido a estos y distintos eventos históricos posteriores, la meta hacia lograr la seguridad alimentaria en el mundo se ha visto reducida, por lo cual, se ha convertido en una meta inscrita por la ONU en

la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, encontrando actualmente la seguridad alimentaria como un reto mayor, no solo intervenida por los conflictos armados, sino también por el cambio climático y la inestabilidad económica global.

Impacto nutricional de la inseguridad alimentaria

La seguridad alimentaria se integra en dos conceptos clave para que el ser humano goce de vida y salud: alimentación y nutrición. La alimentación es el proceso de elección, preparación y consumo de alimentos, dependiendo de su disponibilidad, gustos, hábitos y necesidades, en el que intervienen factores sociales, económicos, culturales y geográficos; por otro lado, la nutrición se define como el proceso por el cual se obtiene, asimila y digiere cada alimento, que posteriormente se utilizará en procesos para el mantenimiento adecuado de nuestro organismo (IMSS, 2015).

Normalmente cuando escuchamos hablar de las consecuencias de la inseguridad alimentaria pensamos únicamente en la hambruna, sin embargo, existen múltiples conceptos a analizar que provocan cambios negativos en el cuerpo, tales como:

- **Malnutrición:** carencia, exceso o desequilibrio de la ingesta calórica y de nutrientes, ocasionando insuficiencia de vitaminas y minerales, así como sobrepeso y obesidad. Este apartado es

extenso debido a que la malnutrición puede desencadenar anemia por bajos niveles de hierro, vitamina B12 o ácido fólico, trastornos por deficiencia de yodo, tales como hipotiroidismo y problemas de desarrollo físico-cognitivo, y raquitismo en niños, así como osteomalacia en adultos.

- **Desnutrición:** peso insuficiente para la talla, retraso del crecimiento y peso insuficiente para la edad.
- **Sobrepeso, obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles,** tales como la diabetes y las enfermedades del corazón, se ven afectados por el escaso control de estas, debido al exceso de consumo de alimentos más convenientes económicamente, y persiste el consumo de productos de fácil adquisición, en su mayoría carbohidratos, como tortilla, arroz, pasta o pan, como única fuente de alimento.
- **Ajuste a los patrones de consumo:** Consumir alimentos que llenen el estómago, lo que lleva a que las personas se restrinjan a alimentos durante un tiempo prolongado para resguardar sus recursos económicos, en muchos casos limitados.
- **Ganancia de peso:** Debido al estrés por la falta de recursos económicos y la ingesta de alimentos altamente calóricos (Latham, 2002).

La inseguridad alimentaria como ingrediente de la guerra

La ausencia de paz o aumento de conflictos armados son elementos cruciales en el aumento de la inseguridad alimentaria, porque aun cuando tenemos un espacio geográfico definido y podemos estar literalmente al otro lado del mundo, los países son un tipo de organismo que promueve la coexistencia debido a la exportación e importación de alimentos, materias primas y productos terminados, de modo que los distintos conflictos en el mundo se irradian e intervienen en la seguridad alimentaria de los países con los que establecen acuerdos de comercio.

Podemos analizar que la inseguridad alimentaria es una consecuencia inevitable al establecerse un conflicto armado, sin embargo, se ha utilizado como herramienta de sumisión durante dichos conflictos.

Un ejemplo claro puede examinarse durante la Primera Guerra Mundial, como lo describió el propio Winston Churchill al terminar el conflicto: “el objetivo era hacer morir de hambre a toda la población, hasta someterla” (Churchill, 1923). A inicios del conflicto, la estrategia puesta en marcha fue el cierre de vías de distribución de alimentos y materia prima entre los países, a excepción de países neutrales como Suiza, Países bajos, Suecia y Estados Unidos hasta el año 1917, cuando se militarizaron las vías para la distribución de alimentos y se condenó a empresas en caso de comerciar con el enemigo,

resultando en países sin abastecimiento de alimentos y productos de necesidad básica tanto para su ejército como para su población (Figura 2), cayendo en una gran catástrofe que provocó hambruna (Cornier, 2021).

Si bien la inseguridad alimentaria presente en la guerra se puede interpretar con dos caras, es decir, podemos ver que esta inseguridad se presentará como consecuencia irremediable de los conflictos entre países, también se puede observar como una poderosa arma para la sumisión; algo innegable es que en ambos casos son evitables ejerciendo la cultura de la paz, la cual, nos proporcionará herramientas para que las relaciones sociales sean más amigables, benignas y confiables, teniendo una convivencia pacífica de manera permanente (Morales, 2024).



Figura 2. Coexistencia comercial entre países del mundo. (Imagen creada en Canva).

Cultura de paz como remedio

La cultura de paz se define como el momento en el que se alcanza un estado positivo en el que se promueve la justicia, la igualdad, el respeto mutuo y la cooperación, de modo que el concepto trasciende la ausencia de conflictos armados (Morales, 2024).

La condición de seguridad alimentaria en el mundo actual contra el mundo en el periodo de entreguerras, en donde se acuña este concepto, ha subido en la escala de dificultad debido a que actualmente la seguridad alimentaria no solo se enfrenta a un periodo de escasez

económica y alimentaria también al cambio climático, sin embargo, con herramientas funcionales, tales como, la educación de la ciudadanía mediante la cultura de paz se puede lograr un cambio significativo, pero requiere esfuerzos conjuntos de gobierno y ciudadanía para su consolidación de manera que al educar en la cultura de paz a los individuos se logre un momento de armonía, coexistencia pacífica y solidaridad activa; y aun cuando a manera de concepto suene sencillo de establecer cada cabeza es un mundo así que, ¿Por qué no inicias educando tu mundo?

Considerando el punto de partida de esta investigación, puede afirmarse que la inseguridad alimentaria ha sido, a lo largo de los años, un hecho inevitable ante cambios políticos, sociales, económicos y climáticos, pero también una herramienta para la sumisión de las masas.

Actualmente se cuentan con herramientas útiles para poder combatir la inseguridad alimentaria, entre las más importantes pero igualmente difícil de alcanzar, es la educación en la cultura de la paz, la cual surtirá efectos a través del trabajo conjunto de gobiernos y ciudadanía de modo que en todo momento se promueva la justicia, la igualdad, el respeto mutuo y la cooperación en todos los aspectos de la vida humana incluidas la alimentación y nutrición, la cual es esencial para que el humano goce de vida y salud previniendo la malnutrición y sus efectos adversos.

Referencias

- Anthem, P. (2025, 11 de abril). Seguridad alimentaria: qué significa y por qué importa. Una explicación concisa para comprender el concepto de seguridad alimentaria y cómo guía el trabajo de WFP. Programa mundial de alimentos.
- Cronier, E. (2021) Alimentación y Nutrición, en: 1914-1918. Enciclopedia internacional de la Primera Guerra Mundial, ed. por Ute Daniel, Peter Gatrell, Oliver Janz, Heather Jones, Jennifer Keene, Alan Kramer y Bill Nasson. Berlín. DOI: 10.15463/ie1418.11565. <https://es.wfp.org/historias/seguridad-alimentaria-que-significa-y-por-que-importa>
- Churchill, W. (1923). The World Crisis 1911-1918 (Vol. 6). Londres.
- FAO, FIDA, OMS, PMA, UNICEF (2023). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Urbanización: transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. (Anexo 11). Roma. <https://doi.org/10.4060/cc3017es>
- Latham, M. C. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. (Parte III). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Maletta, H. E. (2024). From Hunger to Food Security: A Conceptual History. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2484166>
- Morales, J. (2024). Derechos humanos, cultura de paz y educación en la ciudadanía global: tríada de una política pública-garante de la convivencia humana. Revista digital de ciencia, sociedad y valores. 6(2). <https://doi.org/10.29059/rdycsv.v6i2.207>
- Socios Mundiales de la CIF. (2021). Manual Técnico de la Clasificación Integrada de la Seguridad Alimentaria en Fases, versión 3.1. Información y normas que garantizan mejores decisiones relativas a la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma.
-
- P.L.N Itzel Amizadai Torres Ramírez.** Pasante de la licenciatura en nutrición del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Realicé prácticas en el Observatorio Universitario de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Estado de Guanajuato y mi servicio social en la Unidad de Salud IMSS Bienestar Unidad Actopan, Hgo. E-mail: amizadai.torresr@gmail.com

LA FUERZA DE LOS HUESOS EN LA FELICIDAD, MEMORIA Y APETITO, UNA SORPRENDENTE RELACIÓN

Ana Lilia García Hernández, Saúl Ernesto Cifuentes Mendiola y Melany Astrid Viveros Sánchez



Resumen

Nuestros huesos hacen mucho más que darnos forma y permitirnos movernos. También producen la osteocalcina, la osteopontina y la lipocalina 2, sustancias que viajan al cerebro y ayudan a regular sus funciones. La osteocalcina mejora el aprendizaje y nos hace sentir más felices al estimular la producción de las “sustancias de la felicidad” en el cerebro. La osteopontina, puede ayudar a proteger nuestro cerebro de enfermedades como el Parkinson y el Alzheimer al disminuir la inflamación en el cerebro. Y la lipocalina 2 controla cuánto comemos al activar o desactivar el centro de control del apetito en el cerebro. La producción de estas sustancias en el hueso se activa al hacer ejercicio. Nuestros huesos tienen un papel importante en nuestra salud mental y física, y podrían ayudar a encontrar nuevos tratamientos para enfermedades del cerebro.

Introducción

¿Te imaginas que nuestros huesos podrían tener un impacto directo en nuestro estado de ánimo, nuestra memoria y nuestro apetito? Pues resulta que, además de proporcionarnos estructura y permitirnos el movimiento, nuestros huesos también tienen una función mucho más compleja e increíble: producen sustancias químicas como la osteocalcina, osteopontina y lipocalina-2, que viajan a través del torrente sanguíneo hasta nuestro cerebro, donde regulan funciones cruciales para nuestro bienestar general. ¡Sorprendente, ¿verdad?!

Nuestros huesos tienen la función de dar sostén y forma a nuestro cuerpo, y de proteger nuestros órganos esenciales para la vida, como el cerebro, protegido por los huesos del cráneo, y el corazón y los pulmones, protegidos por el esternón y las costillas. Además, los huesos junto con los cartílagos, tendones y músculos nos permiten hacer todo tipo de movimientos que realizamos a diario, desde acciones simples como caminar, hasta movimientos más complejos o finos.

No solo eso: nuestros huesos almacenan minerales esenciales, principalmente calcio y fósforo, necesarios para que los músculos se contraigan correctamente o las neuronas funcionen bien, así como para la formación adecuada de coágulos sanguíneos después de una herida. Incluso, en el interior de nuestros huesos largos como los de los brazos y piernas, así como en el hueso del esternón o los huesos del cráneo se encuentra la médula ósea, el lugar donde se forman todas nuestras células de la sangre en un proceso llamado hematopoyesis, en el cual se forman nuestros eritrocitos encargados del transporte de oxígeno a todo nuestro cuerpo y nuestras células inmunitarias, que nos defienden contra infecciones y enfermedades.

Pero eso no es todo, nuestros huesos producen sustancias que se liberan a la sangre y pueden influir en el funcionamiento de otros órganos, especialmente del cerebro. Estas sustancias participan en la regulación de procesos que afectan nuestro estado de ánimo, la memoria y el apetito, lo que muestra una conexión sorprendente entre nuestros huesos y nuestra salud mental y emocional. ¡Prepárate para que te presentemos estas sustancias y sus funciones!

¡Nuestros huesos nos dan felicidad y mejoran la memoria!

Una de estas sustancias producidas por nuestros huesos es la osteocalcina, una proteína que permite que el calcio se una a los huesos para que estos estén fuertes, pero que, además, puede salir de los huesos, viajar por la sangre hasta otros órganos distantes.

De hecho, la osteocalcina como otras proteínas de los huesos, es capaz de atravesar una barrera muy importante que protege nuestro cerebro de sustancias dañinas, llamada barrera hematoencefálica. Una vez cruzada esta barrera, la osteocalcina alcanza regiones cerebrales muy importantes, como el tronco cerebral, el tálamo y el hipotálamo. Estas áreas se encargan, entre otras cosas, de regular nuestro estado de ánimo, la memoria y el aprendizaje. De hecho, cuando estás aprendiendo cosas nuevas -como al leer este u otros textos—, cuando recuerdas tu comida favorita o cuando experimentas cambios emocionales, estas regiones se activan.

¿Qué relación tiene la osteocalcina con estos procesos? Pues bien, cuando esa osteocalcina se administra directamente en el cerebro, desencadena la liberación de señales químicas de la felicidad y bienestar, como la serotonina y la dopamina (Oury et al., 2013), por lo que ¡puede disminuir la ansiedad y la depresión, al mismo tiempo que mejora nuestra capacidad para aprender y recordar cosas!

Para mayor sorpresa, cuando a ratones se les quito la osteocalcina de su cuerpo, mostraron un aumento en la ansiedad, tenían dificultades para aprender y no eran capaces de recordar información (Yu et al., 2020). Por lo que, la osteocalcina es una herramienta fundamental en el cerebro para formar recuerdos y sentirnos bien.

De hecho, desde que estamos en el vientre de mamá, la osteocalcina ya está trabajando para ayudar a que nuestro cerebro se desarrolle de la manera adecuada debido a que también es capaz de atravesar la placenta, entrar en el torrente sanguíneo fetal y prevenir la muerte de las neuronas en el cerebro fetal, específicamente en el hipocampo, otra estructura del cerebro que es crucial para el aprendizaje y la memoria (Oury et al., 2013).

Este descubrimiento no solo nos ofrece pistas sobre cómo nuestros huesos están conectados con nuestra salud mental, sino que también nos brinda esperanzas de mejorar nuestra memoria y nuestra función cerebral, especialmente en situaciones en las que estas funciones se ven afectadas, como cuando envejecemos o padecemos enfermedades neurológicas.

Investigadores de la Facultad de Medicina de la Universidad de Shanghai, en China, en el año 2023, demostraron que administrar osteocalcina puede tener un impacto positivo en la función cognitiva. En roedores, la administración de osteocalcina mejora la función cognitiva y protege contra el deterioro mental asociado a enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer (Shan et al., 2023).

Aún más asombroso es el papel de la osteocalcina en la enfermedad de Parkinson, un trastorno en el que el cerebro produce muy poca dopamina, “el químico que permite el control fino de los movimientos del cuerpo”, por lo que, en el Parkinson, la falta de dopamina se manifiesta con temblores, rigidez muscular, lentitud al moverse, problemas de equilibrio e incluso dificultades de memoria (Figura 1). Desafortunadamente, en la actualidad esta enfermedad no tiene cura, pero los estudios han mostrado que la osteocalcina ayuda a que el cerebro libere más dopamina, lo que reduce los síntomas del Parkinson. De esta forma, la osteocalcina actúa como un “refuerzo” que mejora la memoria y el control del movimiento (Yu et al., 2020).

Otra proteína que forma parte de la estructura ósea y que también parece tener una función protectora en el cerebro es la osteopontina. En la enfermedad de Parkinson, la osteopontina ayuda a reducir la inflamación cerebral y a estimular la liberación de dopamina, lo que disminuye los síntomas de la enfermedad. Además, en el año 2020, investigadores del departamento de neurología del Hospital de Guangzhou en China mostraron que la osteopontina tiene efectos prometedores para detener la progresión de la enfermedad de Alzheimer en ratones (Yu et al., 2020).

Estas evidencias son geniales no solo para lidiar con los efectos del envejecimiento, ¡sino también para combatir enfermedades como el Alzheimer, el Parkinson o tratar enfermedades que afectan la memoria, el aprendizaje o la depresión!

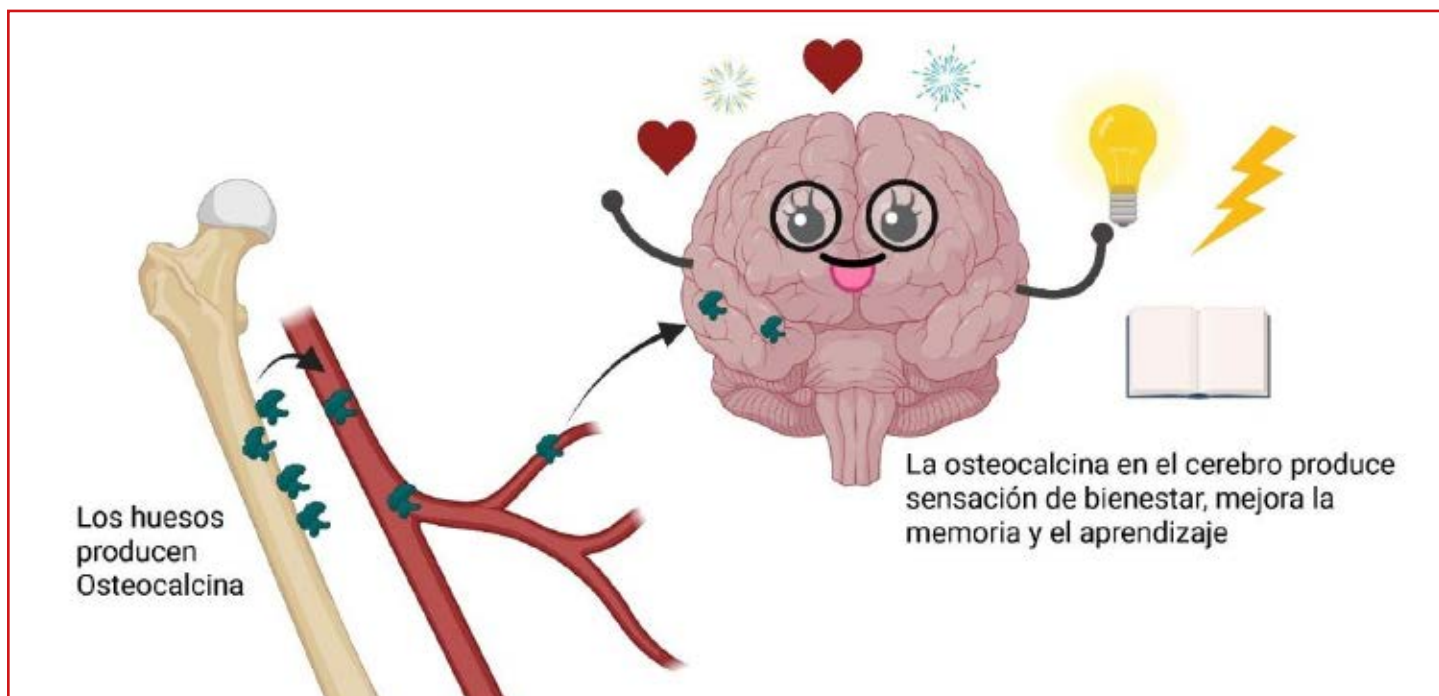


Figura 1. Nuestros huesos producen osteocalcina, una hormona que viaja por el torrente sanguíneo hasta el cerebro, donde promueve el bienestar y mejora la memoria y el aprendizaje. Imagen creada en BioRender (<https://BioRender.com>.)

¿Los huesos controlan mi hambre?

La lipocalina 2 es otra de las sustancias que producen nuestros huesos y que en el cerebro es capaz de regular cuánto comemos.

La lipocalina 2 en los huesos actúa como un sensor que detecta las fuerzas que actúan sobre ellos. Esto le permite regular cuándo es el momento de producir nuevo tejido óseo o eliminar el antiguo. Curiosamente, esta función se descubrió al estudiar a astronautas, que, al estar en el espacio sin la influencia de la fuerza de gravedad sobre sus huesos, tuvieron una disminución de lipocalina 2 al mismo tiempo que disminuía la reparación de sus huesos, lo que explica en parte por qué pierden volumen óseo durante sus misiones en el espacio (Rucci et al., 2015).

Algunos estudios han demostrado algo fascinante: cuando a ratones se les administra lipocalina 2, esta proteína cruza la barrera hematoencefálica y llega al hipotálamo. El hipotálamo es una especie de “centro de control del hambre” en nuestro cerebro. Al llegar al hipotálamo, la lipocalina 2 activa algunas neuronas y ejerce un efecto supresor del hambre o apetito. Los investigadores comprobaron que, si eliminaban la unión de lipocalina 2 en el hipotálamo en ratones, estos seguían comiendo sin parar, lo que los volvía muy obesos (Yang et al., 2024).

Pero no, la lipocalina 2 no es la villana porque, de manera normal, controla que no comamos de más. Por ejemplo, en personas sanas los niveles de lipocalina 2 en sangre se relacionan inversamente con la sensación de hambre, es decir, a mayor lipocalina 2, menor sensación de apetito (Paton et al., 2013). Lo que es claro es que ayuda a no comer de más, a controlar nuestro peso corporal y, por supuesto, a no engordar.

Otro ejemplo de esto es lo observado en los corredores o ciclistas de alta exigencia. Estos atletas han mostrado tener un incremento de lipocalina 2 de forma inmediata que perdura hasta 3 horas después de haber realizado ejercicio (Figura 2), lo que puede explicar por qué el ejercicio intenso suprime temporalmente nuestro apetito (Parker et al., 2022).

Estos hallazgos demuestran que nuestros huesos “hablan” con nuestro cerebro para indicar cuándo debemos comer y cuándo conviene esperar un poco antes de consumir alimento.

Sin embargo, algunas enfermedades como la obesidad, la diabetes, el Parkinson o el Alzheimer se han relacionado con un incremento constante y no regulado de lipocalina 2 (Jung & Ryu, 2023). De hecho, estudios en animales revelan que el suprimir el incremento de lipocalina 2 disminuye la inflamación cerebral y mejora las funciones de memoria y aprendizaje. (Olson et al., 2021; Shin et al., 2022; Xiang et al., 2022).

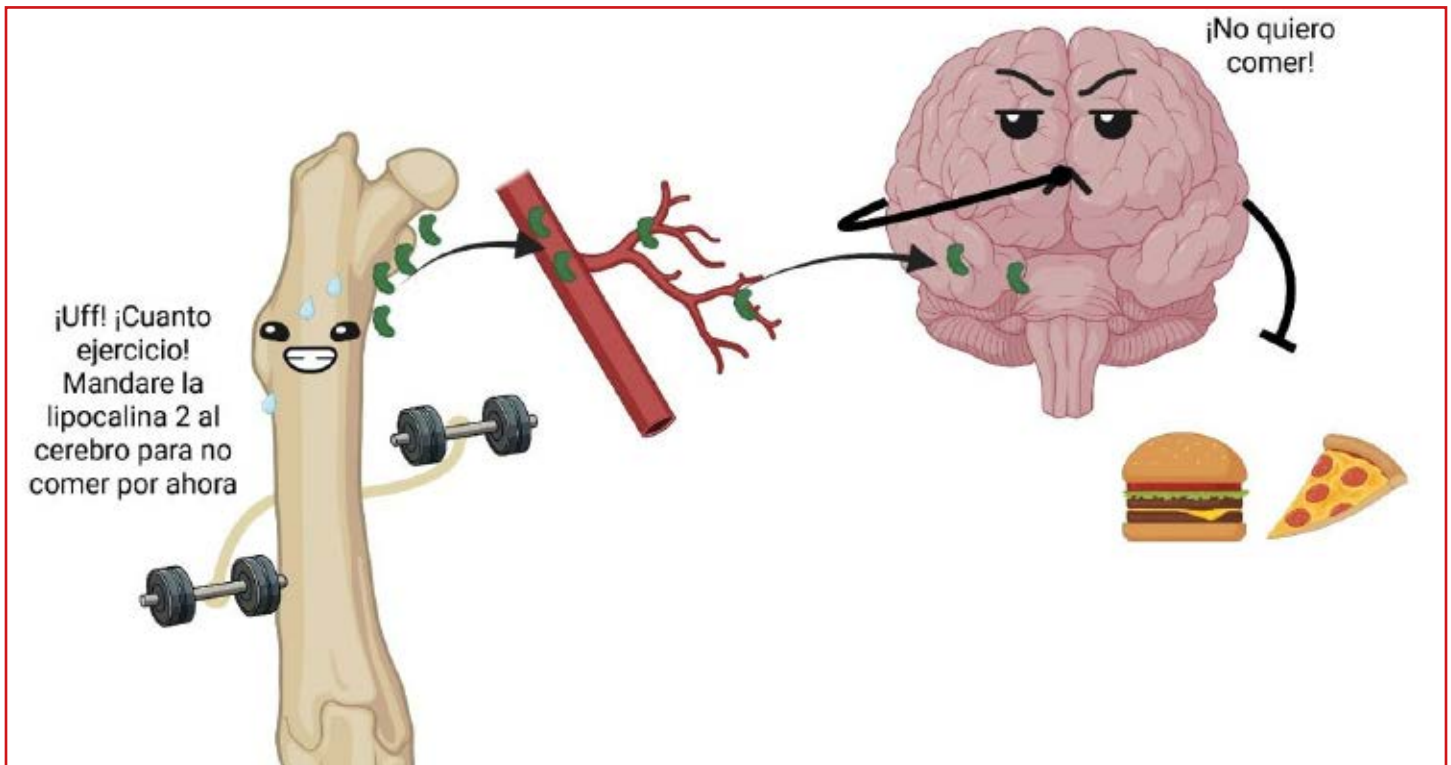


Figura 2. La lipocalina 2, producida por nuestros huesos, atraviesa la barrera hematoencefálica, llega al hipotálamo y regula nuestro apetito. Imagen creada en BioRender (<https://BioRender.com>).

El ejercicio: un aliado para mantener sano nuestro cerebro y estimular nuestros huesos

Entonces, ya te hemos platicado sobre algunas sustancias que se producen en el hueso y que mantienen saludable tu cerebro, pero ¿Cómo podemos potenciar estos efectos neuro-protectores? Bueno, el ejercicio es una gran herramienta para lograrlo. Déjanos explicártelo poco a poco.

Para que las sustancias de los huesos salgan al torrente sanguíneo y lleguen a nuestro cerebro, es necesario estimular a nuestros huesos para que produzcan estas sustancias y que las viertan a la sangre para que lleguen al cerebro. Esto se logra a través de un proceso llamado remodelado óseo.

Nuestros huesos, durante toda nuestra vida, están en constante remodelación; se trata de un proceso en el que el hueso viejo o dañado se elimina y, al mismo tiempo, se forma nuevo. Este proceso depende de al menos dos tipos celulares diferentes: los osteoclastos, que destruyen el hueso viejo, y los osteoblastos, que forman el hueso nuevo. Imagina que tus

huesos son como una autopista, donde constantemente hay que eliminar el asfalto viejo y dañado por uno nuevo y funcional. Cuando el remodelado óseo ocurre, se liberan sustancias a la sangre como la osteocalcina, la osteopontina o la lipocalina 2 lo que permite que puedan llegar a tu cerebro y ejercer las funciones que ya te platicamos.

Cuando nos ejercitamos en una intensidad moderada y de forma constante, como caminar, correr o hacer pesas, el impacto se transmite de los músculos al hueso y se activa el remodelado óseo de una manera controlada y equilibrada (Maïmoun & Sultan, 2011), lo que aumenta el recambio de hueso viejo por hueso nuevo, aumenta la salud de los huesos y su resistencia, pero también, permite la liberación de osteocalcina, osteopontina y lipocalina 2 hacia la sangre. Lo que contribuye a que, cuando haces ejercicio, te sientas más feliz, con más energía, con menos hambre a largo plazo y tengas un mejor aprendizaje y memoria. Por lo tanto, moverte y hacer ejercicio de forma constante son de los mejores aliados para tus huesos y tu cerebro.

Como puedes ver, todos estos descubrimientos emocionantes cambian la forma en que vemos la conexión entre nuestros huesos y nuestra mente. Nuestros huesos son mucho más que un simple soporte físico o un utensilio para el movimiento, son órganos que envían señales esenciales al cerebro para nuestro bienestar emocional, la memoria y nuestra salud alimenticia.

La osteocalcina, la osteopontina y la lipocalina 2 son proteínas producidas por los huesos que se liberan durante el movimiento corporal. Estas moléculas son capaces de regular funciones cerebrales que promueven el buen funcionamiento de nuestra memoria, el aprendizaje y nos ayudan a controlar la cantidad de alimento que consumimos. Además, investigaciones en animales sugieren que podrían ser un tratamiento prometedor para enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer o el Parkinson.

Referencias

- Jung, B. K., & Ryu, K. Y. (2023). Lipocalin-2: a therapeutic target to overcome neurodegenerative diseases by regulating reactive astrogliosis. In *Experimental and Molecular Medicine* (Vol. 55, Issue 10). <https://doi.org/10.1038/s12276-023-01098-7>
- Maïmoun, L., & Sultan, C. (2011). Effects of physical activity on bone remodeling. In *Metabolism: Clinical and Experimental* (Vol. 60, Issue 3). <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2010.03.001>
- Olson, B., Zhu, X., Norgard, M. A., Diba, P., Levasseur, P. R., Buenafe, A. C., Huisman, C., Burfeind, K. G., Michaelis, K. A., Kong, G., Braun, T., & Marks, D. L. (2021). Chronic cerebral lipocalin 2 exposure elicits hippocampal neuronal dysfunction and cognitive impairment. *Brain, Behavior, and Immunity*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2021.07.002>
- Oury, F., Khrimian, L., Denny, C. A., Gardin, A., Chamouni, A., Goeden, N., Huang, Y. Y., Lee, H., Srinivas, P., Gao, X. B., Suyama, S., Langer, T., Mann, J. J., Horvath, T. L., Bonnin, A., & Karsenty, G. (2013). XMaternal and offs-

- pring pools of osteocalcin influence brain development and functions. *Cell*, 155(1). <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.08.042>
- Parker, L., Ang, T., Morrison, D. J., Lee, N. J., Levinger, I., & Keske, M. A. (2022). Prior aerobic exercise mitigates the decrease in serum osteoglycin and lipocalin-2 following high-glucose mixed-nutrient meal ingestion in young men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 323(3), E319–E332. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00025.2022>
- Rucci, N., Capulli, M., Piperni, S. G., Cappariello, A., Lau, P., Frings-Meuthen, P., Heer, M., & Teti, A. (2015). Lipocalin 2: A new mechanoresponding gene regulating bone homeostasis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(2). <https://doi.org/10.1002/jbmr.2341>
- Shan, C., Zhang, D., Ma, D. ni, Hou, Y. fang, Zhuang, Q. qian, Gong, Y. ling, Sun, L. hao, Zhao, H. yan, Tao, B., Yang, Y. ying, Li, S. tian, & Liu, J. min. (2023). Osteocalcin ameliorates cognitive dysfunctions in a mouse model of Alzheimer's Disease by reducing amyloid β burden and upregulating glycolysis in neuroglia. *Cell Death Discovery*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41420-023-01343-y>
- Xiang, X., Tang, X., Yu, Y., Xie, S., Liu, L., Chen, M. L., Zhang, R., Kang, X., Zheng, Y., Yang, G., Gan, S., & Zhu, S. (2022). Role of lipocalin-2 in surgery-induced cognitive decline in mice: a signal from neuron to microglia. *Journal of Neuroinflammation*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12974-022-02455-5>
- Yang, Y., Liu, J., & Kousteni, S. (2024). Lipocalin 2—A bone-derived anorexigenic and β -cell promoting signal: From mice to humans. In *Journal of Diabetes* (Vol. 16, Issue 3). <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13504>
- Yu, Z., Ling, Z., Lu, L., Zhao, J., Chen, X., Xu, P., & Zou, X. (2020). Regulatory Roles of Bone in Neurodegenerative Diseases. In *Frontiers in Aging Neuroscience* (Vol. 12). <https://doi.org/10.3389/fnagi.2020.610581>
-
- Dra. Ana Lilia García.** Profesora de tiempo completo, cuya línea de investigación es sobre el tejido óseo como órgano endócrino, responsable de la sección de Osteoinmunología e Inmunidad oral de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM. Email: ana.garcia@unam.mx
- Dr. Saúl Ernesto Cifuentes Mendiola.** Profesor de tiempo completo en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Con líneas de investigación enfocadas en el papel del sistema endocrino en distintos tipos de tejidos y órganos, incluidos los tejidos mineralizados en distintos contextos de salud y enfermedad.
Email: sernestocifuentesm@iztacala.unam.mx
- Men C. Melany Astrid Viveros Sánchez.** Alumna del doctorado en Ciencias Biomédicas de la UNAM, en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, cuya investigación se centra en el deterioro cognitivo asociado a la periodontitis y al diabetes mellitus tipo 2. Email: mel.vive@comunidad.unam.mx

SOY ASPERGILLUS Y ¡VOY A HACER TRAVESURAS!

Michelle Zepeda Vidales y Virginia Angélica Robinson Fuentes



Resumen

Soy *Aspergillus ochraceus* y por millones de años he acompañado a la vida en la Tierra desde las sombras, creciendo, adaptándome y observando cómo todo cambia sin que los humanos noten mi presencia. Mi familia es tan extensa y diversa como sorprendente: algunos resplandecen por sí solos, otros brillan en la oscuridad, algunos manipulan insectos, otros sostienen bosques enteros y pocos son tan codiciados que se subastan como tesoros invaluable. Yo tengo mis propias habilidades, secretos y un papel inesperado en los alimentos que tu consumes todos los días. En este relato te invito a conocer el universo microscópico, donde la competencia es feroz, la supervivencia es un arte y cada miembro de mi extensa familia, tiene una historia que contar. Quizá después de conocerlos y conocerme, descubras que el reino Fungi no solo está en los bosques...ya que en realidad están mucho más cerca de lo que podrías imaginar.

—

Hola, me llamo ***Aspergillus ochraceus*** y soy un hongo. El día de hoy quiero revelarte algo impresionante: una realidad que te rodea y que quizás nunca has notado... pero que siempre ha estado ahí. Quiero que lo descubras conmigo. ¿Alguna vez has sentido esa conexión invisible con todo lo que te rodea? ¿Has escuchado la frase “todos estamos conectados”? Bueno, cuando logras sentir esa unión, ahí estamos nosotros, los hongos. Somos seres muy antiguos, de los más antiguos que existen en la Tierra. Mi linaje se remonta a millones de años, hasta

mi ancestro primigenio, nuestro gran tatarabuelo del reino Fungi, descubierto en la República Democrática del Congo, en África. Mi familia ha estado aquí desde antes de los humanos, antes de los árboles, incluso antes de muchas formas de vida que hoy consideramos indispensables. Hemos resistido cataclismos, glaciaciones y extinciones masivas. Y aún seguimos aquí.

Pero no quiero que pienses que todos mis parientes somos iguales, como en cualquier familia que conozcas. Aquí hay de todo: pequeños, gigantes, luminosos, sabrosos, aterradores...y algunos, como yo, un poco traviesos.

Los pequeños que brillan

No solo tenemos antepasados gigantes en el tiempo, sino que también tenemos parientes diminutos. Uno de ellos, a quien puedes visitar, es *Micena subcyanocephala* que vive en Taiwán y mide apenas un milímetro de altura. Es tan joven y pequeño que casi pasa desapercibido, pero resplandece con su azul brillante.

Otro miembro de la familia que ha cautivado a muchos de nosotros —y sobre todo a los humanos— por su intenso color azul es *Entoloma hochstetteri*, originario de Nueva Zelanda (Figura 1). Muchos lo consideran uno de los hongos más hermosos del mundo. Su belleza ha llegado tan lejos que incluso aparece en el billete de cincuenta dólares neozelandés... ¡y es el único billete del mundo que nos incluye! Así que sí, podemos decir que hemos sido una fuente de inspiración artística y cultural.



Figura 1. *Entoloma hochstetteri* (Imagen elaborada con el software Microsoft Copilot, IA generativa)

El primo más escalofriante

No todo en mi familia es brillo y belleza. Uno de mis parientes lejanos se ha ganado fama por razones más inquietantes... Hablo del temido *Ophiocordyceps*. Se ha hecho muy popular en las zonas tropicales de Asia y África. Quizás hayas oído hablar de él o lo conozcas por su apodo: “el hongo zombi”.

¿Por qué lo llaman así? Para eso tendré que contarte una historia de terror. Verás, este primo es el más controlador y manipulador de todos y, personalmente, no le recomiendo a ninguna hormiga que se acerque a él jamás; de lo contrario, enfrentará el peor de los destinos: una vez que logra invadir sus cuerpos, especialmente su cerebro, las mani-

pula como si fueran marionetas y las obliga a abandonar su nido para ir al árbol más cercano e infectar a las demás hormigas. ¿Cómo lo hace? La hormiga se aferra con sus mandíbulas a una hoja de árbol que está en el suelo y muere lentamente mientras mi primo se alimenta de ella (está muriendo y no puede hacer nada al respecto). Al final, mi primo aprovecha esta muerte y libera una lluvia de esporas que infecta a sus próximas presas. ¿Escalofriante, no crees?

Pero tómallo con calma, tú no corres ningún peligro, ya que tu temperatura corporal no es la adecuada para él. Sus presas favoritas son las hormigas tropicales, aunque, quién sabe... la última vez que supe de él, estaba de vacaciones en Tailandia y, según rumores, había formado una relación muy fuerte con una hormiga en particular.

Gigantes escondidos

Ahora bien, no todo el tiempo estamos a plena vista, algunos preferimos el anonimato, como lo hace *Armillaria ostoyae* o también conocido como hongo de miel. Este es el hongo macroscópico¹ más grande del mundo. ¿Su tamaño? Equivale a 1,350 campos de fútbol. Sí, leíste bien. Y todo ese gigante vive en el bosque Nacional de Malheur en Estados Unidos en las montañas Blue de Oregón. Así que, aunque no lo veas a simple vista, ahí está bajo tus pies, extendiendo sus hifas bajo el suelo como si fueran enormes redes invisibles.

[1] Macroscópico significa que lo podemos ver a simple vista, a diferencia de los microscópicos que son tan pequeños que requerimos ayuda para poder verlos, así que usamos los microscopios.

El espectáculo nocturno

Si hablamos de brillar, no puedo dejar fuera a *Mycena chlorophos*. Se considera el hongo bioluminiscente más impresionante. Su luz verde es tan intensa que incluso puede iluminar las hojas cercanas en una noche sin luna. Imagínate caminar en la oscuridad de un bosque y ver estas pequeñas lámparas vivas brillar a tu alrededor. ¿Fascinante, no crees?

El más codiciado

En mi familia también hay miembros muy exclusivos, aunque no por razones muy afortunadas. En el noroeste de Italia crece en escaso número *Tuber magnatum*, conocido en la gastronomía como la trufa blanca. Su "crimen", al parecer, fue convertirse en el hongo más exquisito para el consumo humano. Y como era de esperar, lo más exquisito es lo más buscado. La recompensa por su captura, y la más alta pagada por unas de estas trufas, alcanzó los 330.000 dólares por apenas 1,5 kilos. Imagínate.

Si alguna vez vas a San Francisco, el restaurante Quince ofrece menús de temporada con trufa blanca por unos \$795 dólares por persona.

No es de extrañar que la mayoría de nosotros prefiramos ser microscópicos invisibles, así es más seguro.

La familia oculta

Aunque no lo creas, estamos contigo desde el primer hasta el último aliento, creciendo en la oscuridad y en la luz, e incluso... dentro de ti. Hoy en día, mientras lees estas líneas, mi familia y yo nos hemos mantenido ocupados cumpliendo nuestros propósitos y, la verdad es que, mientras las plantas roban la atención de los humanos con todos esos colores llamativos y sus formas, nosotros demostramos nuestras habilidades de maneras más discretas, pero igual de fascinantes, solo que lo hacemos desde otra perspectiva. Por ejemplo, hay quienes se encargan de crear ecosistemas al descomponer la materia orgánica, y en ello se encargan mis parientes más cercanos, los hongos saprófitos, que liberan nutrientes y estos son absorbidos por el suelo. Esto permite que las plantas crezcan y, a su vez, atrae a las aves y a otros organismos a este oasis totalmente nuevo. Sin nosotros, los ecosistemas colapsarían.

Otros familiares prosperan en condiciones adversas o a temperaturas extremas, como los basidiomicetos que sobreviven desafiando el frío en la tundra ártica helada, mientras que en volcanes activos habitan mis primos termófilos, que, de hecho, en el volcán de Tequila, en México, viven al menos 305 especies de hongos. La resiliencia corre por nuestras hifas.

Una vez, mi primo *Trichoderma atroviride* fue gravemente herido porque le cortaron parte del cuerpo, pero en tan solo una hora formó un tapón celular que evitó que perdiera todo su contenido y se regeneró por

completo. Así que no somos inmortales, es cierto, pero tenemos recursos sorprendentes para sobrevivir.

La semilla de nuestra persistencia

Hay situaciones que nos sobrepasan y la muerte puede llegar a nuestro encuentro; sin embargo, hay esperanza, tenemos un as bajo la manga que asegurará nuestra supervivencia: “las esporas”. Se trata de estos pequeños sistemas portadores de genes (auténticas cápsulas de vida) que viajan lejos y aseguran que podamos crecer en otro lugar sin ser olvidados.



Figura 2. Imagen elaborada con el software Microsoft Copilot, (IA generativa).

Como pudiste darte cuenta, todos somos muy competitivos, queremos asegurar y acaparar todo el espacio y los nutrientes posibles. Por eso, naturalmente liberamos sustancias tóxicas que afectan el crecimiento de otros organismos. A eso, los humanos le llaman micotoxinas o metabolitos secundarios.

Aquí es donde entro yo

Yo, *Aspergillus ochraceus*, tengo cierta debilidad y favoritismo por los alimentos que consumes habitualmente ya que, estos alimentos además de ser mis favoritos (como si pudieras comer la comida que te encanta todos los días sin que te haga daño) tienen demasiados nutrientes que me permiten vivir y crecer por mucho tiempo y, si son manipulados o almacenados, en lugares con cierta temperatura, humedad, pH, entre otras cosas que nos gustan, pues no podemos resistir a toda esa tentación. En el mundo se han identificado más de 600 micotoxinas, pero aproximadamente 12 destacan por su toxicidad para los humanos. Mi favorita es la Ocratoxina A (OTA), yo la produzco cuando me provocan, como me pasó hace poco con unas bacterias que intentaron robar espacio en el maíz donde llevaba un tiempo alojándome. Aunque el maíz y sus derivados son los principales alimentos en los que mejor he vivido, también puedo vivir en el café, el vino, la cerveza, los frutos secos y las especias. La OTA, es mi arma secreta contra los intrusos, ella libra las batallas por mí, así yo puedo seguir creciendo y comiendo lo que me gusta.

Entre todas las micotoxinas, la mía es muy especial. ¿Sabes por qué? Porque los humanos la han estado estudiando a profundidad y, al parecer, yo soy de las pocas especies fúngicas que generan micotoxinas nefrotóxicas en humanos. Esto quiere decir que provoca ataques directos contra ciertas células del riñón. ¿Cómo lo hace?, bueno, uno de sus importantes ataques es que inhibe la síntesis de proteínas (sin ellas tu cuerpo no funciona correctamente), provocando un gran desequilibrio en el que hay demasiado radicales libres que son como chispas químicas que dañan las células si no se controlan, solo los antioxidantes pueden hacerlo ya que actúan como bomberos que pueden apagarlas. A todo este proceso se le conoce como estrés oxidativo y, aunque el daño comenzó en las mitocondrias, inicia una reacción en cadena en la que, si tu célula no actúa rápidamente contra la OTA, ocurre lo inevitable... tu célula muere; es como si la mitocondria presionara un botón rojo de autodestrucción.

¿Puedes evitarme?

Ahora la gran pregunta es: ¿pueden los humanos evitar la presencia de micotoxinas? La respuesta es bastante simple: no pueden evitarnos; ni siquiera podrías distinguirlas, ya que las micotoxinas en los alimentos no provocan ningún cambio en su color, su olor o incluso en su apariencia. Además de eso, las micotoxinas, como la mía, soportan temperaturas que superan los 250 °C, así que soportan las temperaturas a las que cocinas tus alimentos habitualmente.

Tu mejor defensa: tu alimentación

¿Qué puedes hacer para que yo no me salga con la mía y cuides de tus riñones?

Esto es fácil de contestar: tu alimentación es una de las mejores armas en la guerra que ocurre dentro de ti.

Existen alimentos cargados de antioxidantes —esos pequeños héroes que me complican mis travesuras— como los frutos rojos (arándanos, moras, frambuesas, cerezas, fresas), las uvas moradas y rojas, las ciruelas negras, la granada y el kiwi. Y no son solo las frutas: también las verduras (espinacas, brócoli, zanahoria), legumbres (frijoles negros y rojos, lentejas, soya), frutos secos (nueces, almendras), y especias (cúrcuma, canela, clavo). Mientras más intensos sean sus colores (rojos, morados, naranjas), mayor es la probabilidad de que contengan antioxidantes. Por eso, llevar una dieta equilibrada es clave, no te servirá atiborrarte de un solo alimento, porque todo en exceso es malo, pero si alimentas a tus células con suficientes antioxidantes, te mantienes activo, haces ejercicio con regularidad, bebes suficiente agua, evitas el alcohol, el tabaco y, sobre todo, la automedicación (esto ya sería el colmo), así, tus riñones estarán protegidos.

Ahora que ya nos conoces, espero que entiendas mejor que no siempre somos enemigos, pero sí podemos ser peligrosos cuando las condiciones nos favorecen. Mi familia y yo seguiremos haciendo lo que se ha hecho durante millones de años: sobrevivir, adap-

tarnos y buscar nuestro lugar en el mundo. La diferencia es que ahora tú tienes el poder para decidir si vas a alimentar a tus defensas o darme la ventaja.

Tu plato puede ser mi hogar...o mi derrota.

La próxima vez que veas lo que comes, recuerda que podrías estar frente a mí. Y yo, siempre estoy listo para hacer travesuras... ¿y tú, estás preparado para detenerme?

Referencias

- Amayuelas, C. (2022, diciembre 15). El hongo más grande del mundo mide lo mismo que 1.350 campos de fútbol. El Español. https://www.elespanol.com/enclave-ods/historias/20221215/hongo-grande-mundo-mide-mismo-campos-futbol/724177763_0.html
- Araújo, J., Evans, H., Kepler, R., & Hughes, D. (2018). Zombie-ant fungi across continents: 15 new species and new combinations within Ophiocordyceps. I. Myrmecophilous hirsutelloid species. *Studies in Mycology*, 90, 119 - 160. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.12.002>.
- Carduño-Rosales, M., Callejas-Negrete, O., Medina-Castellanos, E., Bartnicki-García, S., Herrera-Estrella, A., & Mouriño-Pérez, R. (2022). F-actin dynamics following mechanical injury of *Trichoderma atroviride* and *Neurospora crassa* hyphae. *Fungal genetics and biology* : FG & B, 103672 . <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2022.103672>.
- Ovenden, T. (2018, diciembre 16). Focal Species: *Entoloma hochstetteri*. *Forest Ecology*. <https://forest-ecology.com/focal-species-entoloma-hochstetteri/>
- Rodríguez-Alcántar, O., Figueroa-García, D., & Herrera-Fonseca, M. (2018). Catálogo de los hongos del Volcán de Tequila, Municipio de Tequila, Jalisco, México. , 15-35. <https://doi.org/10.18387/POLIBOTANICA.45.3>.
- Rubio Domínguez, E. (2019, enero 31). *Mycena chlorophos* (Berk. & Curt.) Sacc. • CEMAS Orden Agaricales. Centro de Estudios Micológicos Asturianos. <https://www.centrodeestudios-micologicosasturianos.org/?p=15192>
- Riccioni, C., Rubini, A., Belfiori, B., Gregori, G., & Paolocci, F. (2016). *Tuber magnatum*: The Special One. What Makes It so Different from the Other Tuber spp.?, 87-103. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31436-5_6.
- Singh, P., Paul, V., & Dubey, R. (2022). Antioxidant Foods. *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*. <https://doi.org/10.47856/ijaast.2022.v09i04.001>.
- Vallejo, P. (2024, febrero 20). ¡Este es el hongo más pequeño del mundo! *Micena subcyanocephala* ¿será que los pitufos vivieron ahí?. *Ecoosfera*. <https://ecoosfera.com/medio-ambiente/hongo-mas-pequeno-micena-subcyanocephala/>
- Wang, Y., Wang, L., Wu, F., Liu, F., Wang, Q., Zhang, X., Selvaraj, J., Zhao, Y., Xing, F., Yin, W., & Liu, Y. (2018). A Consensus Ochratoxin A Biosynthetic Pathway: Insights from the Genome Sequence of *Aspergillus ochraceus* and a Comparative Genomic Analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 84. <https://doi.org/10.1128/AEM.01009-18>.
-
- QFB. Michelle Zepeda Vidales.** Estudiante de maestría de tiempo completo, cuya línea de investigación se centra en las micotoxinas y la salud, adscrita a la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas, Laboratorio de Desarrollo Analítico y Toxicología Alimentaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Email: 1596841c@umich.mx
- DC. Virginia Angélica Robinson Fuentes.** Profesor de tiempo completo, cuya línea de trabajo es las micotoxinas en la salud, adscrita a la División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas, Laboratorio de Desarrollo Analítico y Toxicología Alimentaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Email: virginia.robinson@umich.mx

LA IMPORTANCIA DE EJERCITARSE DURANTE LA DIABETES

Sandra Berenice Arévalo Molina y Rocío del Carmen Montoya Pérez



Resumen

La diabetes mellitus es una enfermedad muy común alrededor del mundo y México es uno de los países con mayor incidencia de este padecimiento. De acuerdo a la Federación Internacional de la Diabetes (IDF), en el año 2024 hubo 13 millones 587 mil adultos con diabetes en nuestro país.

Una de las principales indicaciones para el tratamiento y prevención de la diabetes mellitus es el ejercicio. En este artículo se abordan los efectos de dos tipos de ejercicio sobre el músculo esquelético y la importancia que tiene el mantenimiento del músculo durante dicho padecimiento.

Por otro lado, se explican los efectos de moléculas liberadas por el músculo durante el entrenamiento en diferentes órganos.

Finalmente, se abordan los diferentes tipos de ejercicio y sus efectos sobre la salud de los pacientes con diabetes tipo II. No se ha demostrado que un tipo de ejercicio sea mejor que otro, sin embargo, los diversos tipos de ejercicio tienen un efecto importante sobre la salud en general y mejora algunos marcadores que se encuentran alterados en pacientes con diabetes tipo II.

Introducción

En la cultura mexicana, generalmente pensamos que hacer ejercicio solo se relaciona con estar en forma y verse bien; la realidad

es diferente. El músculo esquelético desempeña papeles muy importantes, tanto físicos como metabólicos, por lo que es necesario mantenerlo sano.

El músculo esquelético tiene funciones físicas como el mantenimiento de la postura, la generación de movimiento, la generación de fuerza y la contracción. Por otro lado, tiene funciones metabólicas, como la captación de alrededor del 80 % de la glucosa ingerida en una comida, la producción de calor, el almacenamiento de aminoácidos y carbohidratos.

Diversas enfermedades y el envejecimiento tienen un efecto negativo sobre este órgano, lo que provoca que, en pacientes o personas adultas, disminuye la fuerza y aumenta la intolerancia al ejercicio.

Una de las enfermedades que afectan en gran medida al músculo esquelético y que está muy presente en México es la diabetes tipo II. De acuerdo con la Federación Internacional de la Diabetes (IDF), en el año 2024 hubo 13 millones 587 mil adultos con diabetes en nuestro país. La diabetes también se define, según la IDF, como una condición crónica que ocurre cuando el páncreas no puede producir insulina o el cuerpo no puede utilizarla de manera eficaz.

Una de las indicaciones principales de los profesionales de la salud cuando se padece alguna enfermedad, como la diabetes, o enfermedad relacionada con esta, es la realización de actividad física y un cambio en la dieta. Ahora te explicamos por qué.

¿Qué pasa con el músculo cuando tengo diabetes?

Durante la diabetes, se presenta resistencia a la insulina. Esta no puede unirse correctamente a su receptor presente en la superficie de la célula muscular. Esta falla se traduce en una menor producción de proteínas contráctiles del músculo y en una mayor degradación de estas. Además, el transportador de glucosa (que transporta la glucosa del torrente sanguíneo al interior de la célula) no se libera a la membrana celular ni en menor cantidad. Ya que la glucosa no puede ingresar al interior de la célula, esta permanece en el torrente sanguíneo y se manifiesta como niveles elevados de glucosa en sangre.

Por otro lado, al haber niveles elevados de glucosa en sangre, la producción de especies reactivas de oxígeno (moléculas oxidantes) aumenta, mientras que la producción de ATP (energía química utilizada por las células) disminuye. Adicionalmente, se liberan lípidos del tejido adiposo, que viajan en el torrente sanguíneo y se acumulan en el músculo y el hígado. La acumulación de estos está relacionada con procesos inflamatorios.

Al mismo tiempo, se producen otras moléculas que afectan las proteínas principales del músculo esquelético y son responsables de su contracción, lo que implica que la función muscular se ve afectada. Todas estas pequeñas modificaciones, en conjunto, causan la atrofia muscular. La cual se define como la pérdida de masa muscular debida a una patología o al envejecimiento (Figura 1).

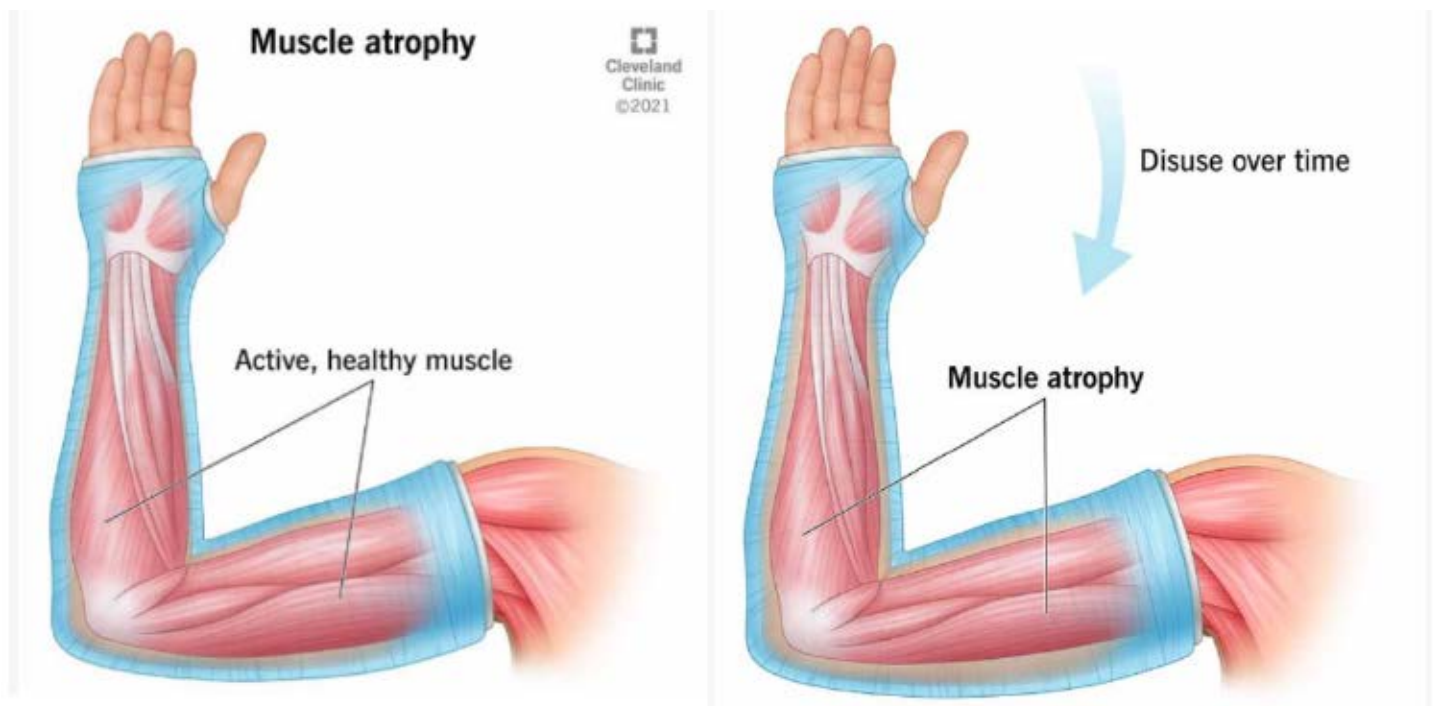


Figura 1. Diferencia entre un músculo sano y un músculo atrofiado
(Cleveland Clinic, 2022)

Hablemos de los diferentes tipos de ejercicio

En general, existen dos tipos de ejercicio. Ejercicios de fuerza o resistencia, de aeróbico y la combinación de ambos. Hay investigadores que incluyen el estiramiento y el equilibrio entre los tipos de ejercicio. Sin embargo, vamos a enfocarnos en los dos primeros: el ejercicio de fuerza o resistencia y el ejercicio aeróbico.

Cuando nos referimos al ejercicio de fuerza o resistencia, lo primero que nos imaginamos es un gimnasio con equipo para levantar peso, mancuernas, discos y barras, y es una idea correcta. El ejercicio de fuerza o resistencia consiste en realizar movimientos con peso libre, como en máquinas de peso, con peso corporal o con bandas elásticas.

Por otro lado, cuando hablamos de ejercicio aeróbico pensamos en alguna persona trotando, en alguien escalando montañas, saltando la cuerda, corriendo en una pista de atletismo, nadando, y nuevamente esta idea es la correcta. El ejercicio aeróbico se caracteriza por requerir el movimiento repetitivo y rítmico de grupos musculares grandes

Algo importante acerca de ambos tipos de ejercicio es que cada uno puede realizarse a distintas intensidades. Intensidad: baja, moderada y alta. Ésta se determina de acuerdo con el volumen máximo de oxígeno absorbido y el ritmo cardíaco que se presenta durante el entrenamiento.

Pero ¿qué beneficios tiene este ejercicio?

Durante el entrenamiento, en el músculo esquelético se sintetizan moléculas llamadas *citocinas*¹ (aunque, si quieres impresionar a alguien, llámalas *miocinas*, porque se producen en el músculo esquelético).

Estas moléculas tienen efectos en distintos tejidos del cuerpo. Por ejemplo, en el cerebro, hueso, hígado, páncreas, vasos sanguíneos, corazón, piel, tejido adiposo. ¡También en el mismo músculo!

Uno de los efectos en los que siempre estamos interesados es el que el ejercicio tiene sobre el tejido adiposo. Al hacer ejercicio, el músculo libera miocinas capaces de unirse a las enzimas que rompen los triglicéridos presentes en el tejido; esto se traduce en la reducción del tamaño del tejido adiposo. Por otro lado, ayuda a reducir el potencial inflamatorio del propio tejido.

Cuando hablamos del hueso, el ejercicio tiene un efecto positivo sobre la síntesis de la matriz ósea; es decir, la favorece. Además, la reabsorción ósea disminuye.

En el cerebro, hay estudios que han encontrado una relación entre el ejercicio y la protección frente a las enfermedades neurodegenerativas. También se ha considerado que una de las miocinas ejerce un efecto protector frente a la depresión. Finalmente, se ha demostrado su efecto sobre la neurogénesis² y la migración neuronal.

[1] Las citocinas son moléculas que produce una célula para comunicarse con otras, incluso células muy lejanas en el organismo.

[2] La neurogénesis es la generación de nuevas neuronas en nuestro cerebro, y la migración neuronal es el proceso mediante el cual las nuevas neuronas llegan al sitio donde realizarán su función; es decir, es un proceso importantísimo en la regeneración de nuestro cerebro.

Las miocinas pueden favorecer la angiogénesis³ y reducir la disfunción endotelial en los vasos sanguíneos.

En el corazón, el efecto principal es reducir la grasa en torno a él y así protegerlo.

Finalmente, la síntesis de colágeno se promueve con ayuda de las miocinas producidas durante el ejercicio.

¿Qué pasa cuando tengo niveles altos de glucosa y me ejercito?

Para responder esta pregunta, hay que hablar de los efectos del ejercicio sobre los órganos más afectados por la diabetes.

En el hígado, la síntesis de glucosa (gluconeogénesis) y la oxidación de ácidos grasos se ven aumentadas. Al mismo tiempo, la captación de glucosa en el músculo esquelético aumenta. La captación de glucosa en el músculo es mayor que la producción hepática, lo que significa que, al final del entrenamiento, los niveles de glucosa en sangre serán más bajos. También se ha demostrado que los niveles de glucosa en ayunas son más bajos al menos 24 horas después del entrenamiento.

Asimismo, la contracción muscular, activa una vía de transporte de glucosa que no se ve alterada con la diabetes, lo que mejora la captación de glucosa por las células musculares.

Cuando el ejercicio se realiza de manera constante durante un tiempo prolongado, se obtienen otros tipos de resultados.

En el páncreas, las células encargadas de la producción de insulina (células β) incrementan su proliferación y, además, se mantienen activas durante más tiempo. Esto se refleja en una mayor liberación de insulina al torrente sanguíneo y, por lo tanto, en una disminución de los niveles de glucosa en sangre. Se observó un aumento de la masa muscular, una disminución de los triglicéridos de baja densidad (LDL), el mantenimiento de los triglicéridos de alta densidad (HDL) y una mejora de la presión arterial, es decir, una disminución de la presión sistólica.

También se observó un efecto en la salud mental: existe una relación entre el ejercicio y una menor incidencia de depresión. Todo esto, en conjunto, mejora la calidad de vida de los pacientes.

La pregunta más importante: ¿Hay un tipo de ejercicio que sea mejor que otro?

Se han estudiado diferentes tipos de ejercicio a distintas intensidades y durante diversos periodos de tiempo para analizar su efecto en pacientes con diabetes, especialmente en pacientes con diabetes tipo II.

El ejercicio de fuerza o resistencia ha resultado en una mejora de la fuerza, un au-

[3] La angiogénesis es la producción de nuevos vasos sanguíneos, o sea, nuevas venas y arterias y es muy importante para el crecimiento y la cicatrización de los tejidos.

mento de la densidad mineral ósea, una disminución de la presión arterial, una mejora del perfil lipídico, una mejora de la salud cardiovascular, una mejora de la sensibilidad a la insulina y un aumento de la masa muscular. Debido a estas observaciones, la Asociación Americana de la Diabetes incorporó el ejercicio de resistencia a sus recomendaciones para el tratamiento de la diabetes.

El ejercicio aeróbico ha sido ampliamente estudiado. Se ha determinado que mejora los niveles de hemoglobina glicada (HbA1c), mejora la regulación de los lípidos, disminuye los niveles de glucosa en ayuno y aumenta los niveles de insulina en ayuno. La Asociación Americana de la Diabetes recomienda realizar este tipo de entrenamiento durante treinta minutos al día, tres o siete días a la semana.

Aunque aún se requieren más investigaciones al respecto, la combinación de ambos tipos de ejercicio parece ofrecer mejores resultados en el control glucémico, la salud cardiovascular y la composición corporal.

No se ha determinado que una de estas dos modalidades de entrenamiento sea mejor que la otra; ambas tienen efectos positivos sobre la salud (Figura 2). Sin embargo, en pacientes con diabetes, lo que se debe considerar es la intensidad del entrenamiento, ya que deben evitarse lesiones o riesgo cardiovascular.

Tal vez te preguntes: ¿Qué puedes hacer por alguien con este padecimiento? Si tienes un amigo o familiar con algún tipo de diabetes, invítalo a practicar algún deporte o a hacer cualquier tipo de entrenamiento. ¡También te va a ayudar a ti!



Figura 2. Diferentes tipos de entrenamiento (Kang Yu, 2020)

Referencias

- Colberg Sheri R., Sigal Ronald R., Fernhall Bo, Regensteiner Judith G., Blissmer Bryan J., Rubin Richard R., Chasan-Taber Lisa, Albright Ann L., and Braun Barry (2010). Exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care*, Volume 33 (12), 147–167.
- Grau A. G. (2023) La función endocrina del músculo esquelético y su vinculación a la salud. En: López Chicharro, J., y Fernández Vaquero, A. (4.ª edición, 2023). *Fisiología del ejercicio*. Editorial Médica Panamericana.
- Karstoft K. and Klarlund Pedersen Bente (2016). Exercise and type 2 diabetes: focus on metabolism and inflammation. *Immunology and cell biology*, volume 94, 146–150.

Kirwan J. P., Sacks J., and S. Nieuwoudt (2017). Cleveland Clinic Journal of Medicine, volume 84 (1). 15-21.

López-Pedrosa J. M., Camprubí-Robles M., Guzmán-Rolo G., López-González A., García-Almeida J. M., Sanz-Paris A. y Rueda R. (2024). The vicious cycle of type 2 diabetes mellitus and skeletal muscle atrophy: clinical, biochemical, and nutritional bases. Nutrients volume 16 (172). 2-18.

Kang Yu (2020). General Overview of Exercises and Associated Benefits | Decatur, GA Patch. <https://patch.com/georgia/decaturn/general-overview-exercises-associated-benefits>

Sandra Berenice Arévalo Molina. Estudiante de Maestría en Ciencias en Biología Experimental, adscrita al Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Email: 2429833f@umich.mx

D.C. Rocío del Carmen Montoya Pérez. Profesora e investigadora titular de tiempo completo, cuyas líneas de investigación analizan el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas con fármacos y ejercicio, adscrita al Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Email: rocio.montoya@umich.mx



ENTRE LO DULCE Y LO SALADO: EL DELICADO EQUILIBRIO DEL AGUA Y LA SAL EN LOS CRUSTÁCEOS

Jennyfers Chong Robles, Ivone Giffard Mena
y Araceli Patrón Soberano



Resumen

Los animales que viven en el agua enfrentan un reto fascinante: mantener su cuerpo en equilibrio ante cambios constantes en la salinidad y el volumen de agua. Para sobrevivir, han desarrollado estrategias asombrosas que regulan la cantidad de agua y sales en su interior, evitando que sus células se hinchen o se deshidraten. Los crustáceos, como camarones y cangrejos, cuentan con órganos especializados que funcionan como auténticas “estaciones de control”, adaptando su cuerpo a distintos ambientes acuáticos desde etapas muy tempranas de su vida. Un ejemplo destacado es el camarón blanco, que puede sobrevivir tanto en agua dulce como salada, ajustando de manera precisa su equilibrio interno según se va desarrollando. Comprender estos mecanismos no solo revela la ingeniosa adaptación de estos animales, sino que también permite mejorar su cultivo, garantizando su salud y crecimiento de manera más eficiente y sostenible.

Introducción

¿Alguna vez te has preguntado cómo los animales marinos logran sobrevivir en el agua salada sin deshidratarse? De manera extraordinaria, estos organismos enfrentan el desafío del medio acuático mediante un trabajo constante para regular tanto el volumen de agua como la concentración de sustancias en su cuerpo, manteniendo

en equilibrio sus condiciones internas u homeostasis. Este proceso lo compartimos con ellos: mientras tú bebes agua para equilibrar tu organismo, ellos han desarrollado estrategias fascinantes para sobrevivir en diversos ambientes acuáticos. Incluso han evolucionado sus propias formas especializadas de “beber” agua, adaptándose perfectamente a las demandas de su entorno.

Este delicado equilibrio, u homeostasis, ocurre en los fluidos internos: la sangre en vertebrados (incluido el ser humano) y la hemolinfa¹ en invertebrados, como los crustáceos. Dentro de estos fluidos circulan electrolitos (partículas cargadas, llamadas iones) y otras moléculas pequeñas que actúan como reguladores osmóticos, controlando el movimiento del agua hacia dentro y hacia fuera de nuestras células. Para medir la concentración de iones y partículas con precisión, los científicos utilizamos un valor que indica cuántas partículas disueltas hay por kilogramo de líquido u osmolalidad (mOsm/kg). En el mundo acuático, la cantidad de sales o salinidad del agua (principalmente sal común o NaCl) también se puede expresar en términos de osmolalidad, y se calcula en general que una salinidad de 34 corresponde a 1000 mOsm/Kg (Bradley, 2009). Así pues, la osmolalidad funciona como un termómetro de la salud interna, al igual que la presión arterial nos ayuda a evaluar nuestro sistema cardiovascular. En los animales, conocer estos valores nos permite a los investigadores comprender tanto su estado de salud como sus increíbles adaptaciones a diferentes ambientes acuáticos (Lignot et al., 2000).

[1] Líquido que circula por el cuerpo de invertebrados (insectos, cangrejos, camarones) cumpliendo funciones similares a nuestra sangre.

La sobrevivencia en el medio acuático implica adaptaciones específicas

Para los organismos que viven en el agua, su entorno representa un reto constante y fascinante. El tipo de agua en la que habitan -dulce o salada- les impone exigencias completamente diferentes para mantener el equilibrio interno de iones esenciales, como el sodio (Na^+) y el cloro (Cl^-). Dependiendo del nivel de salinidad de su entorno, estos organismos deben ajustar constantemente la osmolalidad de sus fluidos internos. Su objetivo es crucial: mantener baja la concentración de sodio en sus células, ya que niveles elevados pueden ser tóxicos para el funcionamiento celular (Natochin, 2010).

Un crustáceo puede funcionar como (Taylor y Taylor, 1992):

- Regulador osmótico: manteniendo una osmolalidad interna diferente a la del ambiente.
- Conformista osmótico: adaptando su osmolalidad interna a la del medio externo, lo que reduce la necesidad de un gasto energético excesivo.

A lo largo de su evolución, los organismos acuáticos han desarrollado diversas formas de regular el volumen y la concentración de sus fluidos internos. El grupo de los crustáceos, en donde se incluyen a los camarones, cangrejos, langostas y langostinos, ha

conquistado distintos hábitats acuáticos, enfrentando desafíos extremos y desarrollando estrategias fisiológicas para sobrevivir en ambientes con distintas concentraciones de sal. Una de estas adaptaciones es la capacidad de moverse o trasladarse entre ambientes de salinidad diferente a lo largo de su ciclo vital y en distintas etapas de su vida. Por ejemplo, los langostinos *Macrobrachium rosenbergi* viven y se reproducen en agua dulce, pero las hembras liberan las larvas en estuarios² para su desarrollo; en contraste, los camarones marinos, como el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, siguen el patrón opuesto: los adultos viven y reproducen en el océano, mientras que sus postlarvas³ crecen en zonas costeras con salinidad variable (FAO, 2009) (Figura 1).

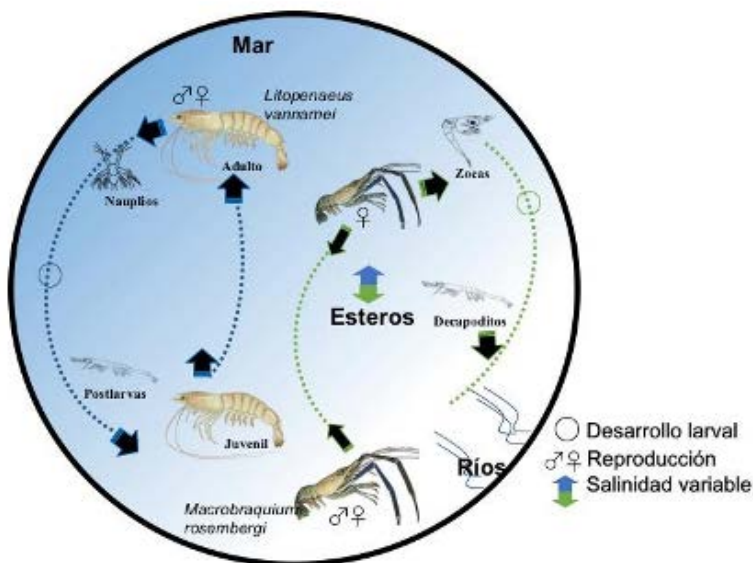


Figura 1. Ciclos de vida contrastantes entre crustáceos de agua dulce (río) y de agua salada (mar). (Imagen elaborada por los autores)

[2] Regiones en donde se mezclan el agua dulce de los ríos con el agua salada del mar.

[3] Etapa de desarrollo de un organismo cuando ya comienza a parecerse a un adulto en forma y comportamiento, pero aún debe crecer y completar su maduración.

Los crustáceos logran estos equilibrios gracias a órganos especializados que funcionan como verdaderas estaciones de control de agua y sales. Así como los humanos dependemos de los riñones para equilibrar el agua y los electrolitos en nuestro cuerpo, los crustáceos cuentan con estructuras u órganos altamente adaptados que forman un circuito fisiológico con células especializadas y mecanismos moleculares, que les permiten sobrevivir en ambientes con diferentes salinidades. (Taylor y Taylor, 1992).

El camarón blanco *Litopenaeus vannamei*: Un maestro de la adaptación osmorreguladora

El camarón blanco es una especie ampliamente conocida y cultivada a nivel mundial. Originario del Pacífico americano, desde Baja California hasta Perú, este crustáceo ha sido introducido en diversas regiones debido a su valor comercial y a su impresionante capacidad osmorreguladora. aún se desplazan por la columna de agua. Sin embargo, a partir de la etapa de postlarva 1 (PL1), comienzan a bajar poco a poco hacia mayores profundidades hasta establecerse en el fondo (FAO, 2009), mostrando extraordinariamente ya un comportamiento osmorregulador similar al de los juveniles y adultos (Chong-Robles et al., 2014).

En este punto, observamos a las post-larvas como ejemplares mini-camarones, con una cabeza y tronco bien diferenciados. En la cabeza se ubican las cámaras branquiales, cavidades que protegen a órganos que participan en el intercambio gaseoso e iónico entre el agua y la hemolinfa (líquido en su cuerpo que transporta el vital oxígeno). Las cámaras están delimitadas en su interior por una capa llamada pleura y otra externa llamada el branquiostegito, el cual es una extensión del caparazón que está en contacto con el exterior o medio acuático (Figura 2) (Chong-Robles, et al., 2024).

El camarón blanco comienza a desarrollar la capacidad de tolerar diferentes salinidades a partir de las etapas larvales. Durante la etapa de transición de Zoea⁴ a Mysis⁵, el branquiostegito empieza a crecer y a formar el espacio que posteriormente se convertirá en la cámara branquial. En esta etapa, las branquias aparecen como pequeñas gemas en desarrollo cuando se observan al microscopio (Fig. 2b), pero a medida que el camarón crece, las cámaras siguen desarrollándose y surgen los epipoditos⁶, estructuras laminares ubicadas entre las branquias. Entre las etapas PL15 y PL22 (es decir, con 15 y 22 días en la etapa postlarval), las branquias desarrollan más ramificaciones, mientras que, los epipoditos y branquiostegitos van creciendo y especializándose en la regulación iónica (Figura 3).

[4] Larva temprana de crustáceos con el cuerpo dividido en cefalotórax y abdomen, con apéndices en el cefalotórax modificados para la natación y ausencia de apéndices en el abdomen.

[5] Larva con morfología similar a un camarón, con un cuerpo alargado, ojos compuestos sobre pedúnculos y apéndices torácicos y abdominales bien desarrollados adaptados a la natación y alimentación.

[6] Apéndices en forma de Y que se localizan entre las branquias.

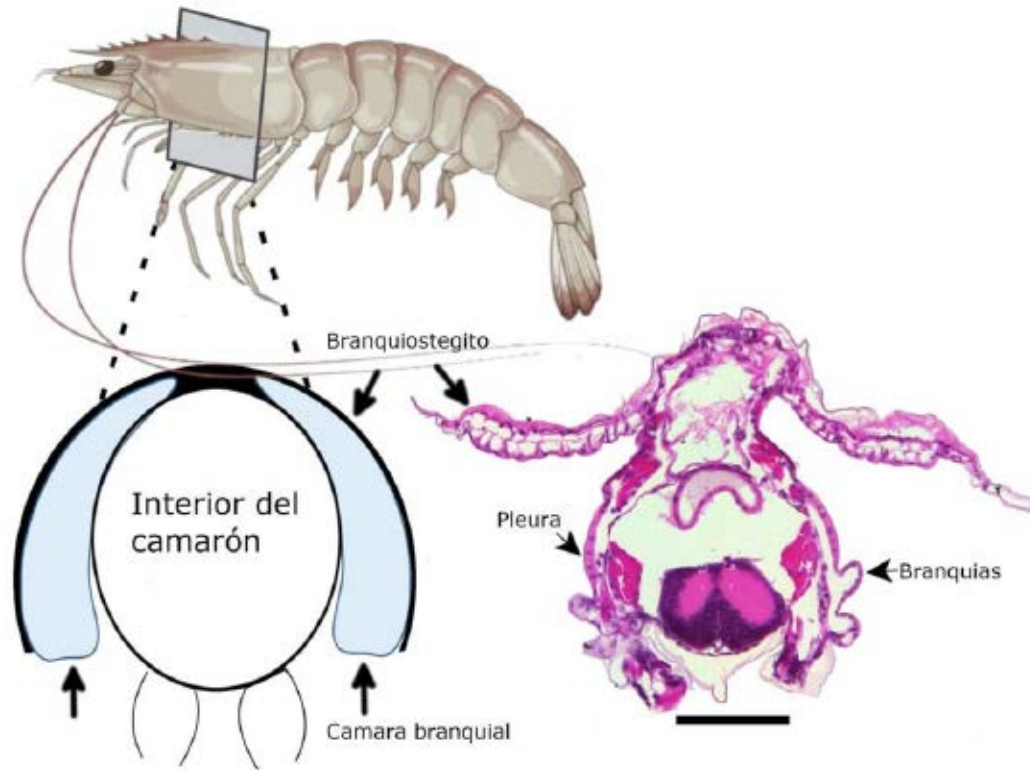


Figura 2. a) Esquema de un corte transversal del camarón para ilustrar las cámaras branquiales formadas entre el branquiostegito y la pleura. b) Corte transversal en la etapa larval Mysis (Imágenes elaboradas en GIMP).

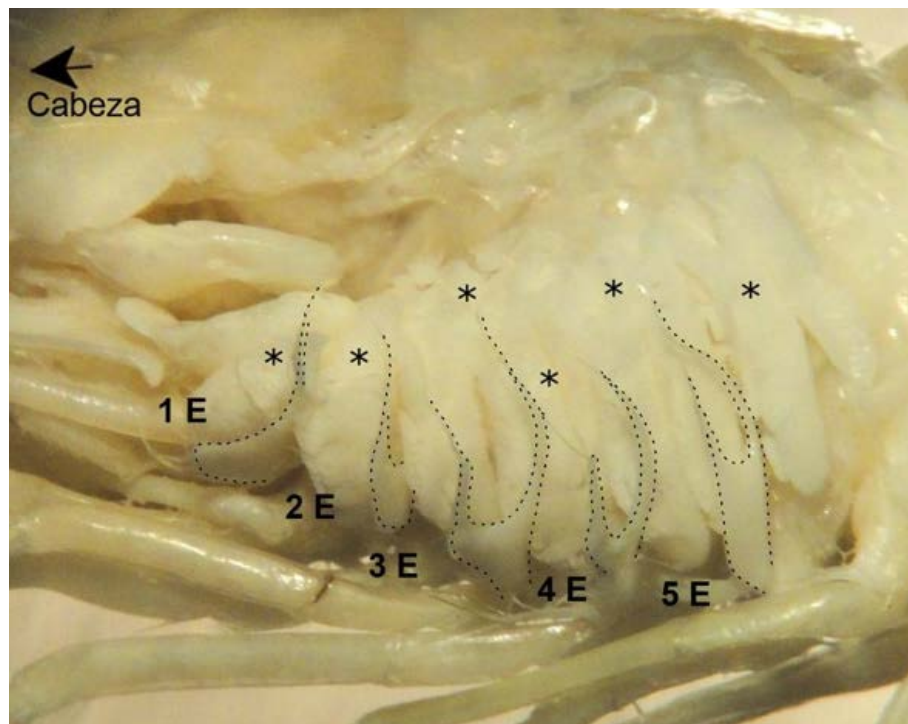


Figura 3. Branquias y epipoditos en una cámara branquial del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Las branquias están señaladas con un asterisco. E, Epipodito. Modificado de Chong-Robles et al. (2024) (Imágenes elaboradas en GIMP)

La especialización de estos órganos consiste en el desarrollo de epitelios formados por células conocidas como ionocitos⁷, que presentan una abundancia de mitocondrias. Estos organelos funcionan como estaciones de generación de energía para que proteínas como la enzima ATPasa Na^+/K^+ (NKA, o bomba de sodio potasio) participe en la osmorregulación. La NKA es un sistema de transporte activo crucial que ha evolucionado para mantener los gradientes de sodio y potasio a través de la membrana celular, asegurando la homeostasis celular. En el camarón blanco *L. vannamei*, la regulación activa de iones ocurre en los branquiostegitos y los epipoditos, pero no en las branquias (Chong-Robles et al., 2024).

La osmorregulación: clave para el cultivo sostenible

El camarón blanco es un regulador osmótico; es decir, la osmolalidad de la hemolinfa varía según la salinidad del medio acuático. Increíblemente esta capacidad la adquiere desde la primera postlarva, aun cuando la cámara branquial no está completamente desarrollada.

En agua de baja salinidad: actúa como hiperosmorregulador, manteniendo la concentración de solutos en su hemolinfa por encima de la del agua circundante para evitar la entrada excesiva de agua en su organismo.

En agua de alta salinidad: Se comporta como hipoosmorregulador, reduciendo la osmolalidad interna para minimizar la pérdida de agua.

En el punto en el que la concentración entre los fluidos internos y el medio externo es similar (punto isomótico), el camarón necesita osmorregular la concentración intracelular de sodio. En ambientes de baja salinidad, el bajo nivel de sodio en el exterior representa un desafío, ya que provoca un flujo de agua hacia el interior del organismo. Lo que compromete su homeostasis si no se activan los mecanismos de regulación iónica; los organismos absorben agua (Chong-Robles et al., 2014) (Figura 4).

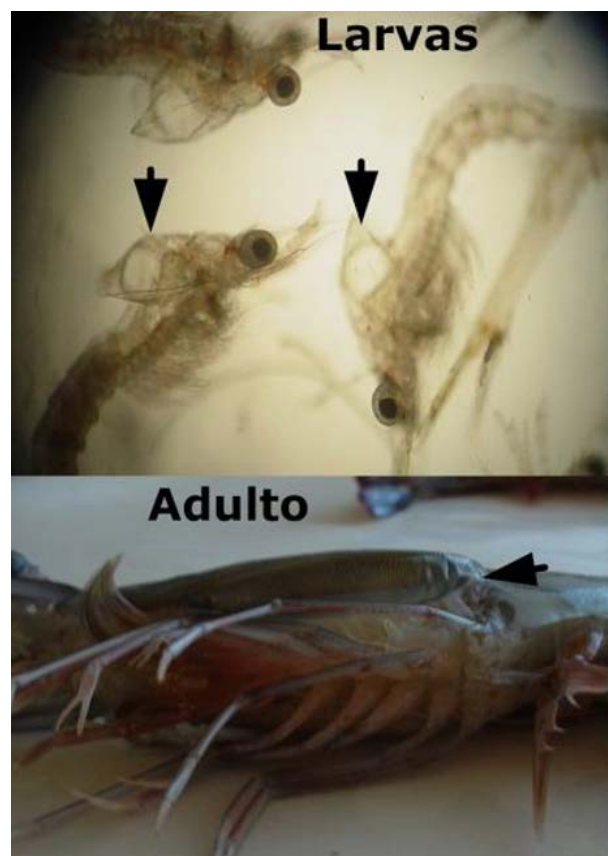


Figura 4. Efecto sobre la morfología de larvas y adultos del camarón *L. vannamei* mantenidos en un ambiente de baja salinidad. Las flechas señalan la región del branquiostegito con una notoria “bolsa de agua” (Imágenes elaboradas en GIMP).

[7] Célula especializada en el transporte de sales

Por ello, comprender los mecanismos de osmorregulación en el camarón blanco es fundamental para optimizar su cultivo. Los cambios bruscos en la salinidad requieren que el organismo reajuste rápidamente su equilibrio hídrico y de sales. Y aunque en especies como *L. vannamei* esto ocurre a una mayor velocidad mientras más desarrollado está su sistema osmoregulador, es un proceso que puede tardar hasta 12 hr en etapas postlarvales (Chong-Robles et al., 2014). El reajuste demanda demasiada energía, lo que reduce la disponibilidad de recursos para el crecimiento y la defensa contra enfermedades. Por lo que factores externos como la calidad del agua y la alimentación son determinantes para crear las condiciones óptimas para que los camarones puedan llevar a cabo el proceso de osmorregulación de manera más eficiente, reduciendo el gasto energético.

El papel de la glándula antenal en la eliminación del exceso de agua y la regulación de sales, similar a la función que desempeñan nuestros riñones, se desconoce en *L. vannamei*. El conocimiento de la regulación del volumen de agua ayudaría a una mejor comprensión de la osmorregulación en la especie y permitiría sugerir estrategias de manejo acuícola más eficientes, favoreciendo una mejor supervivencia y un crecimiento óptimo con el menor gasto energético posible.

La investigación continua en esta área es crucial para profundizar nuestro conocimiento de la biología de estos organismos, conocimiento que tiene implicaciones significativas para la acuicultura y se vuelve fundamental para entender la sostenibilidad de las poblaciones silvestres en un ambiente creciente-

mente afectado por el cambio climático. En un contexto en el que los patrones de distribución de muchas especies de crustáceos se localizan en regiones vulnerables a estos cambios, como lagunas y esteros.

Referencias

- Bradley, T. J. (2009). Animal Osmoregulation. Oxford University Press Inc., Oxford, New York.
- Chong-Robles, J., Giffard-Mena, I., Charmantier, G., Boulo, V., Lizárraga-Valdéz, J., y Enriquez-Paredes, L. M. (2014). Osmoregulation pattern and salinity tolerance of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) during post-embryonic development. *Aquaculture*, 422–423, 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.034>.
- Chong-Robles, J., Giffard-Mena, I., Patrón-Soberano, A., Charmantier, G., Boulo, V., y Rodarte-Venegas, D. (2022). Ontogenetical development of branchial chambers of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) and their involvement in osmoregulation: Ionocytes and Na^+/K^+ -ATPase. *Cell and Tissue Research*, 390, 385–398. <https://doi.org/10.1007/s00441-022-03675-0>.
- FAO. 2009. *Macrobrachium rosenbergii* y *Litopenaeus vannamei*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by New, M. B. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New.
- Lignot, J. H., Spanings-Pierrot, C., y Charmantier, G. (2000). Osmoregulatory capacity as a tool in monitoring the physiological condition and the effect of stress in crustaceans. *Aquaculture*, 191, 209–245. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00429-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00429-4).

Natochin, Y. V. (2010). The origin of membranes. *Paleontological Journal*, 44, 860–869. <https://doi.org/10.1134/S0031030110070142>.

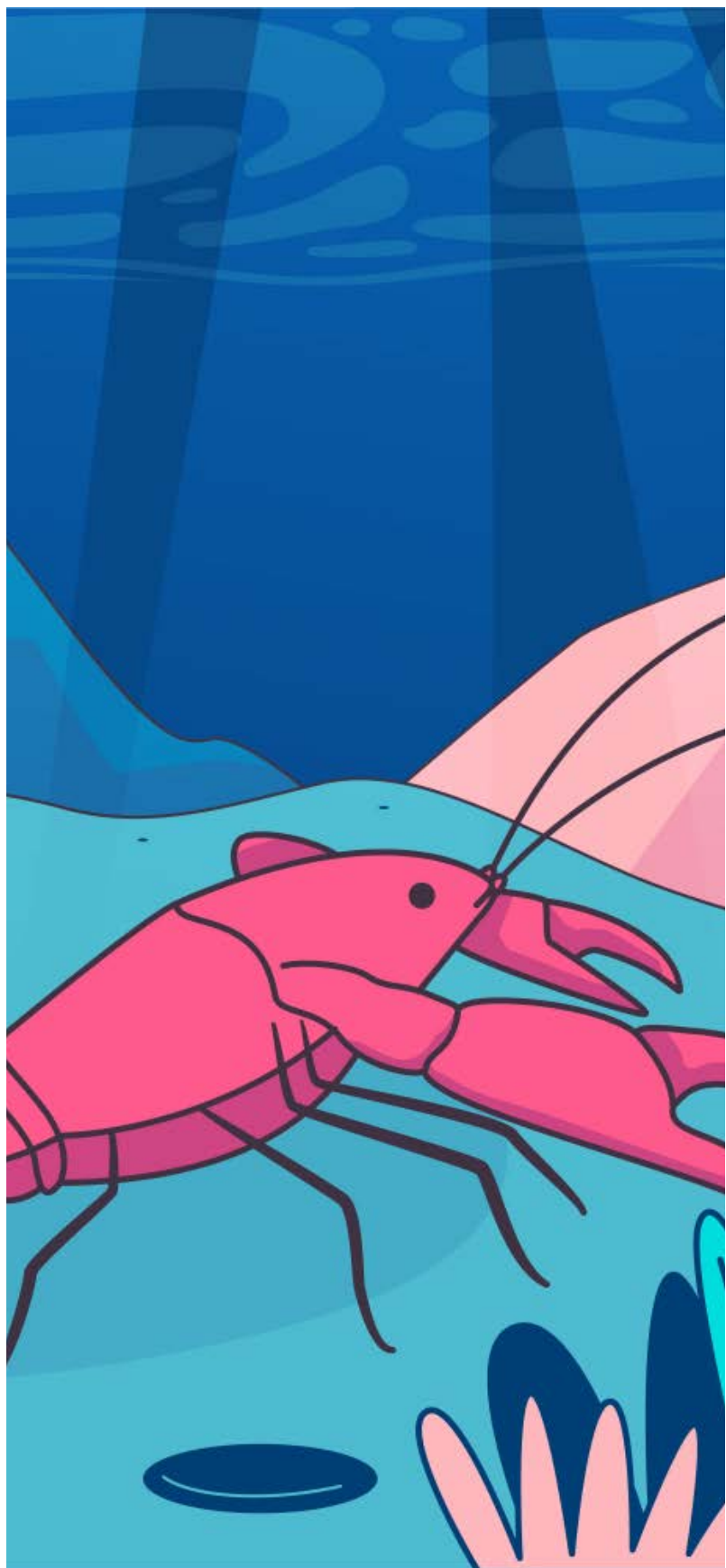
Taylor, H., y Taylor, E. (1992). Gills and lungs: The exchange of gases and ions. In F. Harrison & A. Humes (Eds.), *Microscopic anatomy of invertebrates* (Vol. 10, pp. 203–293). Wiley-Liss, Inc. New York.

Dra. Jennyfers Chong Robles. Profesora de asignatura en la Universidad Autónoma de Baja California. Su línea de investigación adopta un enfoque integrador y multidisciplinario para comprender los mecanismos fisiológicos que regulan el funcionamiento de los invertebrados marinos. Adscrita a la Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Email: chong.jennyfers@uabc.edu.mx.

Dra. Ivone Giffard Mena. Profesora investigadora de tiempo completo, cuya línea de investigación es sobre fisiología molecular, adscrita a la Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Email: igiffard@uabc.edu.mx

Dra. O. Araceli Patrón Soberano. Técnica académica especializada en microscopía óptica y electrónica. Dedicada al estudio morfológico de tejidos animales, vegetales, hongos, bacterias y nanomateriales. Adscrita al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., División de Biología Molecular.

Email: araceli.patron@ipicyt.edu.mx



La **PSIQUE** **NO** es **de HULE**

ΨIMPORTANCIA
de la **SALUD MENTAL**

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

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

Las contribuciones deben redactarse en un lenguaje claro, ágil y atractivo, evitando tecnicismos innecesarios. En caso de emplear términos especializados, estos deberán explicarse de manera sencilla para garantizar su comprensión por un público diverso. Como parte de nuestras buenas prácticas editoriales, utilizamos el software Compilatio para la detección de plagio y el uso de inteligencia artificial en la redacción de sus artículos, por lo que les informamos que se acepta *un máximo del 15 % de uso de IA en la elaboración de sus artículos*.

En esta edición, el **número 20** de la revista está dedicado a reflexionar sobre el tema:

La psique no es de hule: la importancia de la salud mental

Buscamos artículos que exploren cómo la ciencia, la tecnología, la educación y la cultura han contribuido a la construcción y el fortalecimiento de la salud mental, pero también cómo visualizamos y tratamos de superar el estrés, ansiedad, frustración y otras situaciones en nuestra vida, los cambios a lo largo de las generaciones y las perspectivas a futuro.

Convocatoria abierta hasta el **31 de mayo de 2026**

Consulta la política editorial y las recomendaciones para autores, así como el envío de trabajos, en:

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

Contacto: pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com

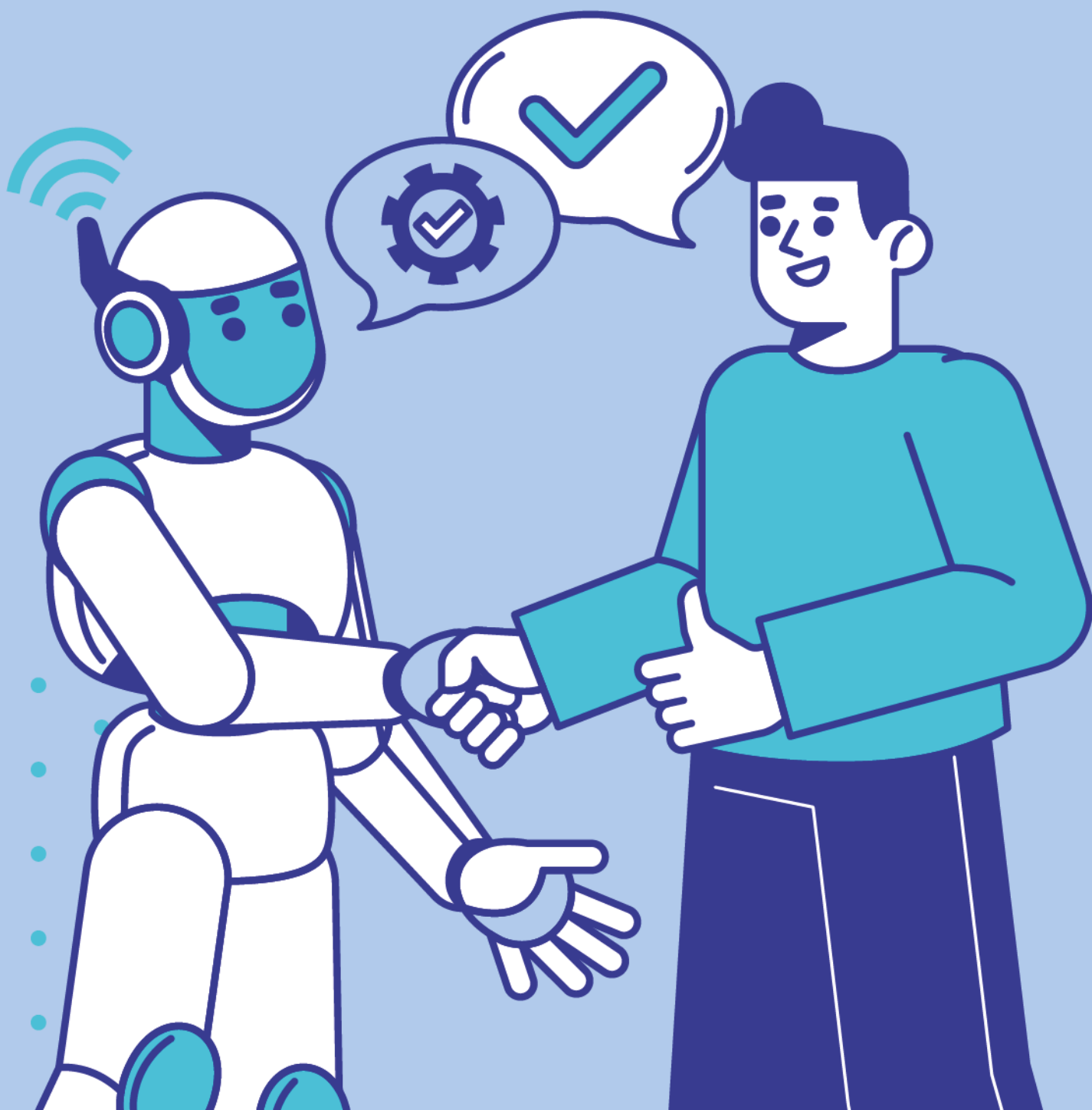


Facultad de
Estudios
Superiores
Aragón
Órgano oficial de información



LA INVESTIGACIÓN, LA INTEGRIDAD Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Francisco Raúl Casamadrid Pérez



Resumen

En tiempos donde la inteligencia artificial y las tecnologías digitales forman parte de nuestra vida cotidiana, investigar y escribir implica más que recopilar información: supone un compromiso con la honestidad y la responsabilidad. Este artículo reflexiona sobre la relación entre investigación, integridad e inteligencia artificial, y destaca tres valores fundamentales: ética, originalidad y creatividad. La ética nos recuerda la importancia de reconocer nuestras fuentes y evitar el plagio; la originalidad nos impulsa a aportar nuevas miradas, y la creatividad nos ayuda a formular preguntas distintas y encontrar soluciones innovadoras. Lejos de sustituir el pensamiento humano, la inteligencia artificial debe entenderse como una herramienta de apoyo que amplía nuestras posibilidades, pero que no reemplaza el juicio crítico ni la responsabilidad académica. En un mundo saturado de información, mantener la integridad es esencial para construir conocimiento confiable y contribuir de manera auténtica al diálogo social y científico.

Introducción

En un mundo donde la información fluye a una velocidad sin precedentes y las herramientas tecnológicas transforman constantemente nuestras prácticas académicas, al escribir e investigar, revalidamos nuestro compromiso con la ética, la originalidad y la creatividad. Estos valores no son meros adornos, sino que constituyen el andamiaje

sobre el cual se construye un conocimiento confiable, significativo y, sobre todo, ético e integral.

Cuando nos solicitan un trabajo por escrito, estamos hablando de investigación académica, que, en su esencia más pura, es un acto de búsqueda de la verdad y de contribución al acervo de conocimiento de la humanidad. Este noble propósito sólo puede alcanzarse si se sustenta en principios éticos irrenunciables.

Entre los valores que debemos perseguir como ciudadanos y como sociedad, destaca uno: la ética. Es la brújula moral que guía cada uno de nuestros pasos. Cuando indagamos e investigamos para redactar un ensayo, un artículo o una monografía académica, asumimos un compromiso con la honestidad, la transparencia y la responsabilidad.

Al investigar y escribir, siempre tenemos que reconocer nuestras fuentes y atribuir el crédito a quien corresponde, al autor o autores de quienes tomamos prestadas sus ideas. Ignorar estos principios no sólo desacredita nuestro trabajo individual, sino que implica una disminución de nuestra credibilidad y una sustracción de algo que no nos pertenece; hablamos, entonces, de un plagio, de un robo.

Otro valor que hay que tomar en cuenta es el de la originalidad; podemos compararla con la chispa que impulsa el avance del motor de nuestro conocimiento. Sabemos que no hay nada nuevo bajo el sol, y tampoco se trata de reinventar la rueda; sino, más bien, de aportar una perspectiva fresca, una nueva visión, una conexión innovadora que enriquezca la comprensión que existe sobre el tema de nuestro interés.

La búsqueda de la originalidad nos reta a pensar críticamente, a identificar los huecos inexplorados y a proponer nuevas rutas o caminos; intentamos, de esta manera, que nuestra investigación sume una perspectiva fresca al diálogo académico.

Y, finalmente, un tercer valor es la creatividad; ella nos permite trascender los límites convencionales del pensamiento y formular preguntas innovadoras, diseñar métodos ingeniosos para abordar problemas y encontrar soluciones no evidentes.

La creatividad nos permite hallar conexiones donde otros no las ven, y nos impulsa a desafiar los paradigmas establecidos para hacer volar nuestra ideas e imaginar nuevas formas de abordar los desafíos y transformar el futuro.

La Inteligencia Artificial: un potencial de responsabilidad en la investigación

Entre los principios fundamentales de valor, emerge con fuerza la inteligencia Artificial (IA) como una herramienta de apoyo con un potencial transformador sin precedentes para la investigación. Las IA's gestionan y analizan grandes volúmenes de datos, apoyan procesos de revisión bibliográfica y optimizan la generación de ideas preliminares. Sin embargo, su integración plantea también desafíos éticos y metodológicos que exigen una reflexión consciente por parte del investigador.

Con ella, la ética, la originalidad y la creatividad adquieren una nueva dimensión, La IA no sustituye el juicio humano, la capacidad crítica del investigador ni la necesidad de la autoría intelectual. Al contrario, nos obliga a ser más rigurosos, a verificar la información y a garantizar la transparencia de nuestras investigaciones. Es una poderosa colaboradora que siempre debe estar bajo la dirección y el control del intelecto humano, para la salvaguarda de la integridad académica.

¡Esta es la columna vertebral de la integridad!

La citación, la referenciación y la bibliografía constituyen la columna vertebral de la integridad. En el corazón de la investigación académica yace un principio inquebrantable: **el respeto por la autoría intelectual.**

Hemos comentado que la construcción del conocimiento no es un acto solitario, sino un diálogo continuo que se nutre de las contribuciones de innumerables mentes a lo largo del tiempo. Por ello, **la citación, la referenciación y la elaboración de bibliografías adecuadas** no son meros formalismos, sino la **columna vertebral de la integridad académica**; así, reconocemos el trabajo ajeno y **evitamos caer en el plagio.**

La citación es el acto de dar crédito explícito a las ideas, palabras o datos de otros autores; cada vez que incorporamos una fra-

se literal, parafraseamos un argumento o hacemos referencia a un hallazgo, es imperativo indicar la fuente original. No es solo una cuestión de ética, sino que así demostramos la rigurosidad de nuestra propia investigación. La referenciación y la bibliografía complementan este proceso, al proporcionar los detalles de las fuentes y permitir al lector localizar y verificar la información.

Si por descuido o intencionalmente omitimos este reconocimiento, caemos en lo que se conoce como plagio, que no es sólo una grave falta ética, sino también un robo, una infracción de los derechos de autor y un atentado directo contra la confianza del lector. Es engañarnos; mentirnos a nosotros mismos.

Dominar las técnicas de citación y referenciación es una habilidad fundamental para cualquier investigador. Y es muy fácil de aprender; sólo hay que elegir un modelo (APA, MLA, Chicago, Harvard, Vancouver, etcétera) y ¡adelante!

Las inteligencias artificiales y la referenciación

¿Qué sucede cuando utilizamos inteligencia artificial en nuestras investigaciones, ensayos, artículos o monografías?... La utilización de las IA's, como todas las cosas en la vida, puede tener dos vertientes: una positiva y otra negativa.

En primer lugar, debemos estar conscientes de que su uso, en cualquier circuns-

tancia o grado de escolaridad, no puede ser prohibido; primero, porque sería inútil intentarlo; y, en segundo lugar, no debe prohibirse porque puede ser realmente de mucha utilidad si se aprende a utilizar correctamente.

En cuanto a la citación de la inteligencia artificial, existen siempre principios generales que hay que tomar en cuenta:

Primero: transparencia total.

Lo más importante es ser completamente transparente sobre el uso de la IA. No debes ocultar que has utilizado una herramienta de IA para la redacción o la generación de contenido.

Segundo: el rol de la IA vs. El rol del autor humano.

Es fundamental diferenciar entre la contribución de la IA (como una herramienta o un asistente) y la autoría intelectual y la responsabilidad final, que siempre recaen en el investigador humano. La IA no es un "autor" en el sentido tradicional, sino una fuente, como cualquier otra de las que se puede echar mano: un libro, un artículo de una revista, la nota de un periódico, una entrevista, una base de datos, etcétera

Tercero: nivel de intervención.

El modo de citar puede depender del grado y la naturaleza de la intervención de la IA.

SOBRE LA REFERENCIACIÓN ¿Cómo citar una IA?

- Si la IA se utilizó para generar texto completo o partes significativas del trabajo (por ejemplo, párrafos enteros, resúmenes, ideas complejas).
- Si la IA fue utilizada como una herramienta de asistencia menor (corrección gramatical, lluvia de ideas inicial, reformulación de frases).

La referenciación, en el contexto académico y de investigación, tiene que ver con el proceso de citar o mencionar las fuentes de información utilizadas en un trabajo, ya sea un texto, ideas presentes o datos colectados; así estaremos dando el crédito que los autores originales merecen y evitaremos cualquier sombra de plagio. Además, la referenciación implica la creación de una lista de referencias bibliográficas al final del documento, que detalla la información completa de cada fuente citada.

La forma en que citamos a la Inteligencia Artificial al redactar un trabajo de investigación académica es un aspecto crucial para la integridad, la transparencia y la valoración intelectual de la autoría. Ahora: debido a que las directrices formales de los estilos de citación (APA, MLA, Chicago, Harvard, etcétera) están aún en evolución y se actualizan constantemente, la clave, en todo momento, es guiarse por la transparencia y la honestidad intelectual.

Siendo aun relativamente nuevas las inteligencias artificiales para el uso común de la población, no hay un consenso universal y definitivo en cuanto a su citación; se recomienda utilizar enfoques que se adaptan a los estilos existentes, enfatizando la descripción del uso:

A. Si la IA generó texto significativo o ideas principales:

Este es el escenario más común y donde la citación es más crítica. Se recomienda tratar el contenido generado por la IA como una comunicación personal o como un software/modelo, indicando claramente que es generado por IA.

- **En el texto (cita en el cuerpo):**

Menciona el nombre del modelo de IA (ChatGPT, Gemini, Claude, LLaMA) y la fecha de la interacción. Por ejemplo: "Cuando se le pidió generar ideas sobre el impacto de la gamificación en el aprendizaje (versión del 15 de junio de 2024) sugirió varios enfoques...". Otro ejemplo: "Un párrafo introductorio sobre la historia de la pedagogía fue generado por Gemini (18 de junio de 2024) de la siguiente manera: 'La pedagogía, como disciplina, está compuesta por...'".

- **En la lista de referencias o en la bibliografía:**

Aunque los modelos varían, la tendencia es listarlo como si fuera un software, una “comunicación personal no recuperable por otros”, o un elemento de datos. Por ejemplo: OpenAI. (2024). *Generación de ideas sobre gamificación* [Texto generado por ChatGPT, versión 4.0]. Solicitud personal, 15 de junio de 2024. Recuperado de: <https://chatgpt.com/>

B. Si la IA fue una herramienta de asistencia menor:

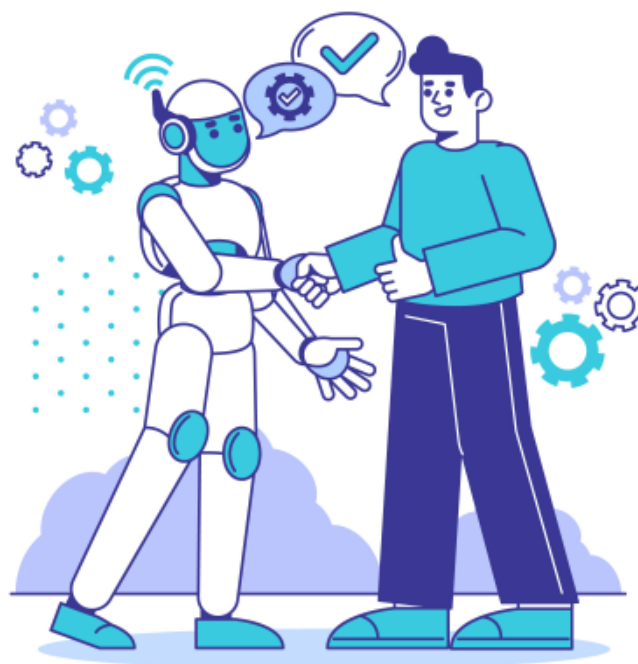
Cuando la IA se utilizó para usos menos directos, como puede ser una corrección de estilo o una lluvia de ideas, y donde la IA no generó texto específico que se incluya al pie de la letra, sino que asistió en el proceso, se sugiere mencionar su uso en la “Introducción” de nuestro trabajo o en la sección de “Agradecimientos” o en la de “Metodología”; por ejemplo;

“Para la revisión gramatical y estilística preliminar de este manuscrito, se utilizó la herramienta Gemini el 20 de julio de 2024”; otro ejemplo: “Agradezco a la IA generativa ChatGPT por su asistencia en la organización inicial de las ideas para este estudio”.

C. Consideraciones éticas:

Siempre es el investigador humano el único responsable de la exactitud, la originalidad y la integridad de la información presentada. No hay que dejar de tomar en cuenta que una IA puede cometer “alucinaciones”, presentar información sesgada, incorrecta e, incluso, hasta inventar bibliografías. La IA es una herramienta, no un sustituto del intelecto humano, por lo cual es imprescindible verificar toda la información y, ante la duda, omitir cualquier fragmento donde quepan dudas en nuestro trabajo en proceso.

En resumen: al citar la IA, es imprescindible explicar, con la máxima claridad sobre: *qué IA se usó, para qué se usó y cuándo se usó*. Recordemos siempre que el objetivo de un verdadero investigador es mantener la transparencia académica y la confianza en los resultados de la propia investigación.



Cinco preguntas sobre integridad académica

Finalmente, propongo preguntas y respuestas sobre la integridad académica; por ejemplo:

1. ¿Cómo podemos asegurar que nuestros proyectos sean técnicamente sólidos y reflejen un compromiso inquebrantable con la honestidad y la responsabilidad?

Respuesta: el compromiso con la ética consiste en ser transparentes durante todo el proceso de investigación: e implica una autoevaluación constante y la validación rigurosa de las fuentes.

2. Hablando de la originalidad y la creatividad, ¿cómo equilibrar el conocimiento previo y la necesidad de innovar?

Respuesta: hay que investigar a fondo el estado del arte o el conocimiento previo e identificar sus lagunas o limitaciones. La originalidad no es crear algo de la nada, sino mirar lo conocido desde una nueva perspectiva.

3. ¿De qué manera la academia y sus dinámicas de poder pueden influir en la libertad de expresión o en la autocensura?

Respuesta: la autocensura surge del miedo a la crítica severa, al temor a perder un trabajo o a represalias. Hay que fomentar una cultura que valore la disidencia y el debate, y proteja la libertad académica.

4. Respecto de la Inteligencia Artificial, ¿cuáles son los principales desafíos para garantizar que sea una herramienta ética y no una vía para el plagio?

Respuesta: debemos mantener la responsabilidad intelectual humana, pues existe el riesgo de plagio involuntario si no somos capaces de citar adecuadamente. Por otra parte, recordemos que las IA pueden “alucinar” datos o referencias; hay que comprender sus limitaciones y entender que la IA es un asistente, no un coautor intelectual.

5. ¿Qué debemos tener siempre presente para ser estudiantes y trabajadores académicos, éticos, transparentes y responsables?

Respuesta: es esencial cultivar una curiosidad implacable anclada en un rigor inquebrantable. Aunque el ser humano aprende por el impulso de su curiosidad y por su facilidad para imitar (así es como llegamos a hablar un idioma, aprendemos a caminar, a comer, a escribir, etcétera); debemos considerar, sin embargo, que el rigor en la metodología y en la ética de la citación y la referenciación es lo que garantiza una exploración genuina del conocimiento.

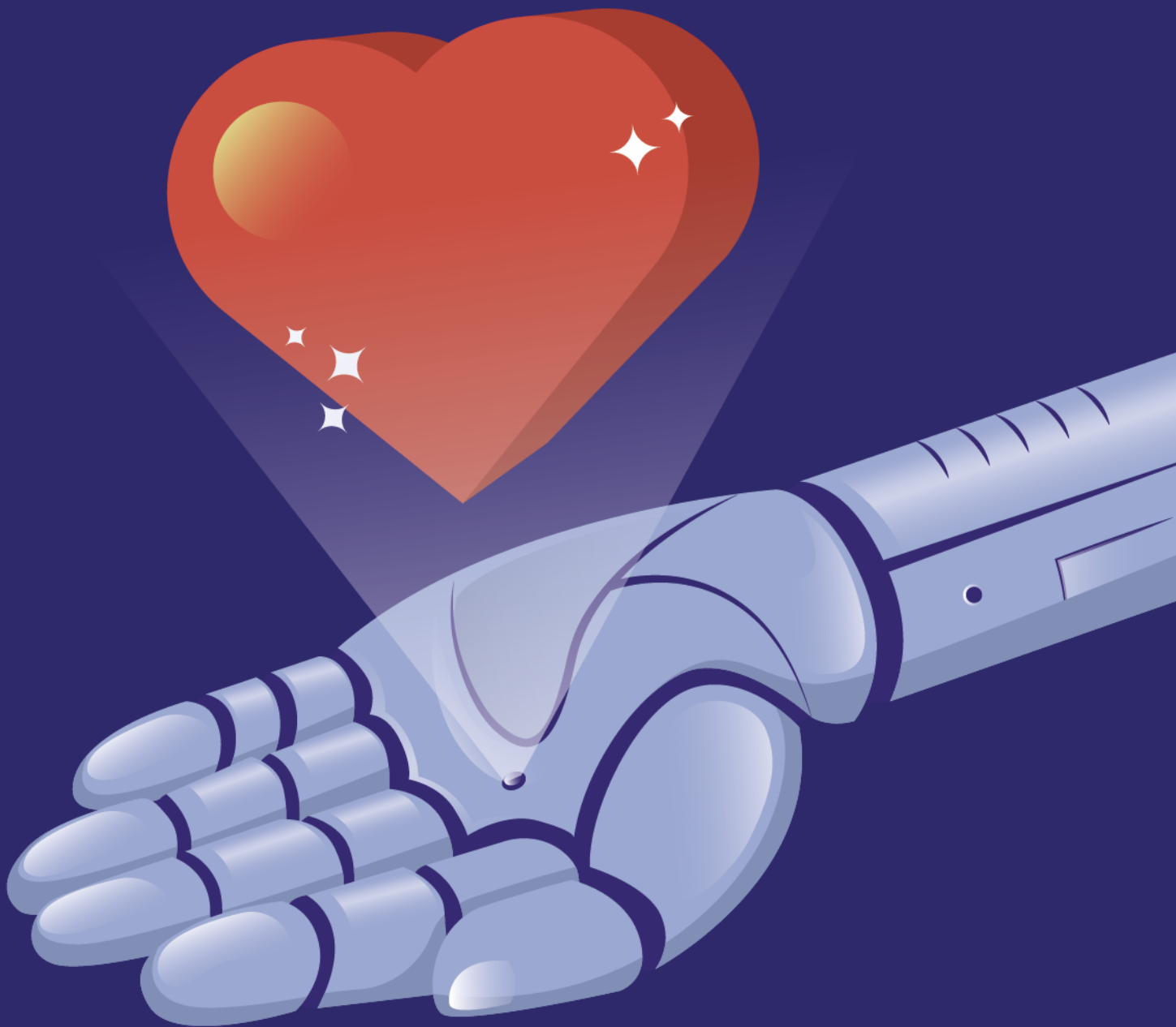
Lecturas relevantes:

Se sugiere a los alumnos y profesores visitar el sitio de la revista “Integridad Académica”, publicación que tiene como finalidad la difusión y socialización del contenido valioso que colabore para impulsar una cultura de honestidad académica en nuestra propia vida y en las instituciones de educación: <https://integridadacademica.up.edu.mx/>

RAÚL CASAMADRID es editor, poeta, ensayista y narrador. Sus recientes publicaciones son: *Creatividad y autenticidad en la investigación académica* (Tirant lo Blanch, 2025); *El relajo en el cine mexicano* (IMCED, 2025); y la edición bilingüe del poemario 2025 (Dark Light-NY, 2025). Es doctor en Arte y Cultura, maestro en Estudios del Discurso y licenciado en Letras Hispánicas; sus líneas de investigación son el análisis literario y la teoría cinematográfica. Forma parte del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores.

INTELIGENCIA DE VIDA: TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS PARA POTENCIAR LA SALUD Y EL BIENESTAR HUMANO

Isaac Pérez Yunis



Resumen

En la actual era de transformación acelerada, la disrupción trasciende lo tecnológico para convertirse en un imperativo de trascendencia. En este sentido, se analiza cómo las tecnologías disruptivas no solo optimizan la eficiencia operativa, sino que actúan como catalizadores de la Inteligencia de Vida. Esta facultad superior integra las dimensiones racional, emocional y espiritual, permitiendo al ser humano navegar la incertidumbre con un propósito consciente. Bajo una óptica de gestión moderna, se propone un cambio de paradigma: el “tiempo con propósito”, donde la automatización y el teletrabajo liberan espacios para el bienestar integral y el crecimiento existencial. Se concluye que la verdadera innovación debe ser ética e inclusiva, transformando los datos en sabiduría para cerrar brechas sociales. Al alinear la vanguardia digital con la esencia del ser humano, se construyen organizaciones resilientes y vidas en plenitud, alcanzando el máximo potencial físico, mental y espiritual en un mundo en constante devenir.

—

Hasta 2020 ya se observaban cambios en la forma en que las personas trabajaban, interactúan y vivían; no obstante, estos procesos se volvieron notablemente más intensos con la llegada de la pandemia. La adopción generalizada del teletrabajo, la rápida digitalización y el cambio en las prioridades profesionales y personales demostraron que estamos viviendo una revolución tecnológica y cultural sin precedentes (DCH, 2022).

En este contexto, el término “disrupción” representa más allá de un cambio drástico o ruptura de modelos tradicionales, da la oportunidad para repensar cómo vivimos, trabajamos y cuidamos nuestra salud. A lo largo de la historia, ha habido momentos de quiebre que propician nuevas formas de interacción, lo que desafía el planteamiento de posturas diversas para entender el mundo, complejizado, además, por la velocidad de los cambios para su análisis y propuestas de atención.

Como afirma Mark Zuckerberg, cofundador y CEO de Facebook, dos tercios de los objetos y productos que consumimos hoy en día no existían hace veinte años (CEPRAM, 2023). Esta rápida evolución tecnológica está transformando todos los aspectos de nuestra existencia: desde cómo vivimos hasta cómo nos relacionamos y cómo atendemos el bienestar humano.

Las tecnologías están revolucionando modelos tradicionales de salud y bienestar, abriendo nuevas vías para mejorar la calidad de vida de todos, la innovación promueve la eficacia operativa, personaliza los tratamientos médicos y en ciertos casos, facilita el acceso a los servicios de salud a distancia además fomenta estilos de vida más saludables, al respecto Carames (2023) define la inteligencia de vida como la capacidad de un individuo para tomar decisiones reflexivas e informadas que promuevan su bienestar general y de aquellos con quienes interactúa en diversos escenarios.

El término “**inteligencia de vida**” se refiere a una forma de pensar que integra

tres dimensiones fundamentales: racional, emocional y espiritual (Asensio, 2020) integración que apremia la pausa consciente ante la toma de decisiones; la inteligencia racional implica pensar críticamente; la inteligencia emocional busca la gestión eficaz de las emociones propias y ajenas y finalmente, la inteligencia espiritual, la cual invita a concientizar sobre nuestro propósito existencial y a establecer conexiones profundas con los valores y formas sociales de coexistencia; señalando por tanto que la suma de estas inteligencias forma un marco holístico para vivir con propósito, adaptarse a los cambios continuos y mantener relaciones saludables, todo lo cual es esencial para superar los desafíos actuales relacionados con la salud mental, física y emocional. Por su parte, Caramés Paz (2023) la refiere como una capacidad para vivir con propósito responsable, manteniendo una consciencia activa de cada momento, lo cual implica una existencia que produzca utilidad, conexión auténtica y desarrollo personal constante.

Por tanto, ¿las tecnologías emergentes mejoran la inteligencia de vida?, la respuesta es afirmativa respecto a la integración de conocimientos, emociones y valores para la toma de decisiones orientadas al bienestar integral, sin embargo esto no es automática ni universal, se sabe de los sesgos para el acceso a tecnologías como IA, internet de las cosas entre otras, para ampliar la disposición de la información, optimización de diagnósticos médicos y promoción de hábitos saludables mediante soluciones personalizadas para la autogestión de la salud.

No obstante, este impacto favorable depende de factores éticos, educativos y sociales, ya que el uso indiscriminado o comercial de estas tecnologías puede derivar en dependencia, pérdida de autonomía o vulneración de la privacidad, por otro lado cabe señalar que si no se integran en un marco de valores humanistas, corren el riesgo de priorizar la eficiencia tecnológica sobre el desarrollo integral del ser humano, motivo por el cual el verdadero potencial de las tecnologías emergentes para mejorar la inteligencia de vida radica en su apropiación crítica, regulada y orientada a fines éticos y sostenibles, pues tal y como señalan González y Ramírez (2021) “las tecnologías emergentes solo pueden considerarse aliadas del bienestar humano cuando se diseñan e implementan desde una perspectiva centrada en la persona, respetando su dignidad y promoviendo la equidad en su acceso” (p. 87).

La realidad virtual (RV), por ejemplo, está transformando los procesos terapéuticos y educativos relacionados con el bienestar emocional, ésta permite crear entornos inmersivos que facilitan la relajación, el control del estrés y la práctica de mindfulness, accesibles desde cualquier lugar, lo que elimina barreras geográficas y económicas, favoreciendo el aprendizaje experiencial en hábitos saludables y técnicas de autocuidado y ampliando las posibilidades de intervención para mejorar la salud mental, al respecto, se han documentado casos exitosos para tratamientos en desórdenes alimenticios, fisioterapias e intervenciones aplicadas a pacientes oncológicos ayudando a reducir dolor y ansiedad mejorando la experiencia de tratamiento.

Estos beneficios no se limitan al plano individual, las organizaciones están incorporando estas innovaciones para construir entornos laborales más saludables. La pandemia evidenció que priorizar el bienestar personal no reduce la productividad; al contrario, puede incrementarla. Por ello, iniciativas como la incorporación de actividades de crecimiento personal, ejercicios físicos o espacios de atención plena en la jornada laboral fortalecen la cultura organizacional, mejoran el compromiso y generan equipos más motivados.

No obstante, este cambio implica replantear los paradigmas tradicionales sobre el uso del tiempo. Gracias a la automatización y el teletrabajo flexible, las personas disponen de más oportunidades para participar en actividades enriquecedoras como aprender nuevas habilidades, realizar voluntariado o fortalecer lazos familiares; este uso consciente del tiempo, facilitado por la tecnología, respalda el principio de la inteligencia de vida, que busca vivir con propósito y equilibrio.

Finalmente señalar que el desarrollo tecnológico conlleva retos éticos significativos, es indispensable garantizar la privacidad de los datos, la transparencia en su uso y la igualdad de acceso para evitar reproducir desigualdades, es por ello, se requiere un enfoque colaborativo entre investigadores, responsables políticos y sociedad civil, si se alinean con una visión humanista y ética, las tecnologías disruptivas pueden revolucionar la salud y el bienestar, permitiendo a las personas vivir de manera más consciente, resiliente y plena en los escenarios complejos de la actualidad.

Referencias

- Asensio, A. (8 de junio de 2020). ¿Qué es la inteligencia de vida? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://vidasenpositivo.com/que-es-la-inteligencia-de-vida/>
- Caramés, J. C. (2023). Inteligencia de vida para alcanzar el mínimo de cien. Edición en español.
- Caraméz Paz, J.C. (2023). Inteligencia de vida con propósito responsable. Mis Revistas. Disponible en Amazon.
- DCH (2022). Tendencias Talento 2022. Informe LLYC-DCH. Madrid.
- González, P., & Ramírez, L. (2021). Tecnologías emergentes y bienestar humano: retos éticos y oportunidades. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad, 16(47), 80-95.
- ICEMD (2022). (5 de septiembre 2022). Industria 5.0: lo que significa y sus beneficios. <https://icemd.esic.edu/knowledge/articulos/industria-5-0-lo-que-significa-y-sus-beneficios/>
-
- Isaac Charbel Pérez Yunis.** Abogado, Licenciado en Relaciones Industriales, Ingeniero en Procesos Industriales, Magister en Administración de Empresas, Magister en Ciencia Política y Administración Pública, Doctor en Gerencia, Doctor en Derecho, Profesor de pregrado y posgrado en Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FaCES) de la Universidad de Carabobo, Investigador del Centro de Investigación y Desarrollo de la Pequeña y Mediana Empresa y la Microempresa del Estado Carabobo (CIDPyMESMicro) adscrita a la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo. Más de 20 años de experiencia en la industria manufacturera ocupando cargos directivos.

LA DOMESTICACIÓN EN LA ERA DE LA BIOTECNOLOGÍA: EL FUTURO DE NUESTRA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Miriam Rebeca Álvarez Tostado Reyes, Antonio Alfredo Bueno Hernández,
Fabiola Juárez Barrera



Resumen

La domesticación de especies se ha considerado un logro exclusivo de nuestros antepasados agricultores. Sin embargo, este proceso se encuentra más vigente que nunca, aunque hoy, en lugar de seleccionar los animales más dóciles o las frutas más grandes, se recurre a la genética, la biotecnología y las herramientas de cultivo para generar organismos que respondan a las exigencias del cambio climático, a la necesidad de alimentos más nutritivos y a la presión por obtener más alimentos usando menos recursos. La domesticación no se ha detenido, simplemente ha cambiado de objetivos y estrategias.

Introducción

Un desafío global de nuestro tiempo es ofrecer alimentos suficientes, seguros y nutritivos a una población que crecerá en las próximas décadas, en un mundo que atraviesa un cambio climático. Algunas estimaciones calculan que seremos aproximadamente 9.100 millones de personas en 2050 (Figura 1); esto se traducirá en la necesidad de producir entre un 50 y un 70% más de alimentos (FAO, 2009). Sin embargo, el modelo de producción actual resulta insostenible en términos ambientales.

La cantidad de alimentos que se produzcan no será el único factor que determine la seguridad alimentaria; también dependerá de cómo los cultivamos y de qué especies ponemos en el centro de nuestros sistemas

agrícolas. Es aquí donde la nueva era de la domesticación cobra un papel fundamental. No solo se trata de mejorar lo que ya tenemos, sino de rediseñar las bases de nuestra alimentación a partir de los fundamentos genéticos, procurando la estabilidad ecológica. Estos esfuerzos abarcan desde el desarrollo de plantas de mayor valor nutritivo y de especies resistentes a las sequías, el mejoramiento de la planeación y la organización, hasta el uso eficiente de los recursos. Todo esto para replantear la relación con las especies de consumo antes de que el sistema actual colapse (Figura 1).

La domesticación es evolución

La domesticación de especies implica la transformación de rasgos, apariencia e incluso el comportamiento de los ancestros silvestres hasta las variedades modificadas. Estos cambios inducidos en los organismos domesticados han hecho que dependan del ser humano para su reproducción o propagación. Las características que se han favorecido en los cultivos, a lo largo de milenios, pero con mayor intensidad desde hace aproximadamente 200 años, se relacionan con la facilidad de cosecha y el incremento del rendimiento (Abbo et al., 2014).

El inicio de la domesticación parece haber ocurrido hace aproximadamente 10,000 a 15,000 años, durante el periodo neolítico, y fue un suceso que cambió por completo la historia y la evolución de la especie humana.

No fue un evento aislado y único; la evidencia arqueológica y genética nos ha permitido identificar distintos momentos y lugares a lo largo del mundo donde se originó la domesticación de especies nativas de estas áreas (Scanes, 2018).



Figura 1. La producción mundial de alimentos se incrementará hasta un 70 % más en 2050. (Imagen de referencia creada con IA-ChatGPT)

El concepto de domesticación se convirtió en un término científico, en gran medida gracias al trabajo de Charles Darwin, en el siglo XIX. La domesticación y la selección artificial, llevadas a cabo por ganaderos y agricultores, constituyeron evidencia clave en los argumentos de Darwin. Cuando se identificaban animales o plantas con rasgos valiosos, se fomentaba la reproducción entre individuos emparentados o la autopolinización en el caso de las plantas, lo que permitía mantener la apariencia sin cambios en la descendencia. Al repetir este proceso durante muchas generaciones, se conseguía separar la nueva raza de la anterior, logrando una diferenciación y especialización de sus características (Theunissen, 2012). En otras palabras, los efectos de la selección en el contexto de la domesticación eran un hecho plenamente demostrado.

Cuando comprendió cómo actuaba el mecanismo de selección y los efectos que producía en los organismos domesticados, Darwin reconoció con facilidad un patrón semejante en la naturaleza. Las variaciones que aparecen de forma espontánea en los individuos, como un cambio en el color, el tamaño del pico, la forma de una flor o el grosor de la concha de un molusco, pueden heredarse y, en ciertos casos, ofrecer alguna ventaja. Esa ventaja mejora las posibilidades de conseguir alimento, de sobrevivir y de dejar descendencia. A esta idea la llamó “selección natural” (Darwin, 1859).

La base genética de la domesticación moderna

El surgimiento de la biotecnología y su aplicación al mejoramiento de cultivos o ganado, han transformado radicalmente la forma en que domesticamos especies. Sin embargo, aunque las herramientas han cambiado y se han refinado a lo largo del último siglo, la lógica evolutiva sigue siendo la misma: la selección de individuos con variaciones particulares propicia la diferenciación de rasgos, modifica la apariencia de cada raza y adapta cada una a los diferentes entornos. Solo que ahora conocemos el origen genético de estas variaciones, sus tendencias hereditarias y hemos desarrollado instrumentos que nos permiten manejarlos.

La genética surgió como una disciplina científica a partir del siglo XX, con el redescubrimiento del trabajo de Gregor Mendel.

Sus experimentos con plantas de chícharo demostraron cómo ciertos rasgos físicos se transmiten de padres a hijos en forma de “partículas”, hoy llamadas genes. Observó que algunos atributos no se manifestaban en una generación, aunque seguían transmitiéndose de forma “silenciosa”. Estos rasgos volvían a expresarse en generaciones posteriores sólo cuando ambos progenitores compartían el mismo “factor” de dicha característica.

Las explicaciones mendelianas sobre la herencia sirvieron de base para el desarrollo de programas que buscaban introducir características valiosas de una variedad en otra, mediante el cruce de cultivos. Algunos de estos intentos incluyeron el mejoramiento de trigo resistente a enfermedades en Inglaterra o el incremento de la productividad del maíz y de la cría de gallinas ponedoras en Estados Unidos (Derry, 2015).

Décadas más tarde, tras la Segunda Guerra Mundial, la población humana experimentó un incremento acelerado y, en consecuencia, creció la demanda de alimentos. Esto condujo a una transformación agrícola basada en el desarrollo de nuevas variedades de cultivos, combinando una selección rigurosa de variedades con el uso de fertilizantes, pesticidas, maquinaria sofisticada y sistemas de riego a gran escala.

Entre las décadas de 1960 y 1980 se vivió esta transición, conocida como la Revolución Verde, que logró multiplicar la producción de alimentos en muchos países en desarrollo, principalmente en regiones como América Latina y Asia. Aunque sí se logró un

incremento importante en la producción de alimentos, ese nuevo esquema tuvo implicaciones negativas como el daño ambiental por el uso intensivo de químicos, la sobreexplotación del suelo y agua, extrema dependencia de los insumos adicionales, desigualdad en el acceso a semillas de las variedades mejoradas y una pérdida de la diversidad genética de numerosas variedades locales. En un lapso relativamente corto, ese incremento tan anhelado en las cosechas terminó por estancarse (Ceccon, 2008).

Los límites de este sistema de producción y sus consecuencias ambientales hicieron urgente identificar la base genética que determina los rasgos de las especies domesticadas, no solo para optimizar el rendimiento, sino también para aumentar su resistencia a distintas condiciones. En ese contexto, durante la segunda mitad del siglo XX, el desarrollo de la tecnología necesaria para identificar el ADN, descifrar el código genético y secuenciar este material, cambió el panorama de la investigación científica y su aplicación a las especies domesticadas, pues representó la posibilidad de localizar y estudiar la base genética de los rasgos involucrados en la domesticación.

La edición genética: una nueva caja de herramientas

En la actualidad, una de las innovaciones más importantes de la tecnología molecular, que seguramente revolucionará la industria agrícola tal como la conocemos, es la edición

genética. Aunque desde la década de 1990 se han desarrollado varias técnicas de edición, el sistema CRISPR-Cas9, desarrollado en 2012 por Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier, es el más popular actualmente, debido a su simplicidad, alta eficiencia, precisión y costo accesible (Kumar et al., 2022).

CRISPR es un sistema derivado de un mecanismo de defensa que poseen algunas bacterias que les permite “recordar” ADN de virus que las hayan infectado anteriormente. Por otro lado, la Cas9 es una proteína asociada a la vía CRISPR que se encarga de realizar los cortes en el ADN viral y así inactiva la infección (Laguna-Rangel, 2019).

Esta estrategia de edición genética se ha aplicado a más de 40 cultivos en 25 países, principalmente con el objetivo de mejorar la calidad de los alimentos y la tolerancia a condiciones climáticas extremas. Algunos ejemplos incluyen el champiñón común modificado para evitar que se oscurezca; el lino falso con aceite de omega-3 mejorado (más adecuado para procesos industriales) y el maíz ceroso con alto contenido de amilopectina. Estos productos obtuvieron la aprobación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para su comercialización, en tiempo récord (Pixley et al., 2022). Sin embargo, aunque ya cuentan con autorización, todavía no se producen ni se venden ampliamente, en parte por cuestiones de oferta y demanda, así como por la baja aceptación entre agricultores y consumidores.

Con el uso de esta tecnología sería posible intervenir no solo en los cultivos que son mundialmente consumidos, también se

podrían editar los denominados cultivos huérfanos, especies que a pesar de ser una fuente valiosa de nutrientes y de tener gran capacidad de adaptación al cambio climático, han sido poco consideradas tanto en la investigación como en el mercado agrícola. De igual manera, la tecnología CRISPR-Cas9 podría utilizarse para domesticar desde cero algunas plantas candidatas completamente silvestres, pero cuya existencia se sabe que presenta alguna característica que las hace aprovechables. A este proceso, en el que se podría transformar aceleradamente una especie silvestre hasta convertirla en un estado domesticado, se le conoce como domesticación de novo. El tomate y la uchuva son ejemplos de plantas silvestres en las que se ha experimentado mediante edición genética para inducir cambios en el tipo de crecimiento, la forma y el tamaño del fruto, el número de frutos y la calidad nutricional (Kumar et al., 2022).

Hasta el momento, no se ha desarrollado ningún cultivo neodomesticado que ya esté siendo distribuido y comercializado. Aunque esta estrategia es prometedora y podría contribuir al cumplimiento de metas como la seguridad alimentaria, aún se encuentra en etapa de investigación, ya que la información genética de muchas plantas modelo no se ha caracterizado por completo. Además, deben considerarse otros aspectos, como la interacción de la planta modificada en diferentes entornos, la infraestructura para su cultivo, la aceptación por parte de agricultores y consumidores, y la regulación política para su salida al mercado.

Ante este panorama, es necesario reflexionar que el éxito de las variedades mejoradas no depende exclusivamente de la tecnología de punta. La biotecnología moderna no reemplaza al mejoramiento convencional, sino que lo complementa (Figura 2).



Figura 2. La seguridad alimentaria dependerá de la combinación del mejoramiento tradicional y del uso responsable de la edición genética (imagen de referencia generada con IA ChatGPT).

Repensando nuestras formas de domesticar y administrar

Gracias a la domesticación de numerosas especies, principalmente plantas, los seres humanos hemos podido sobrevivir a lo largo de un proceso en el que no solo hemos experimentado cambios en nuestra dieta, estilo de vida, organización social y política, sino también otros cambios asociados, como una transformación significativa del paisaje y de la diversidad biológica. Sin embargo, a pesar de estos avances y del progreso tecnológico acumulado durante siglos, nunca se ha garantizado plenamente la seguridad alimentaria para toda la población humana, es decir, no ha sido posible asegurar el acceso y la disponibilidad de alimentos nutritivos para todas las personas.

Aunque en la actualidad, tras décadas de investigación científica y su aplicación en la agricultura moderna, se producen suficientes alimentos para abastecer a la población mundial, resulta irónico que millones de personas estén expuestas a padecer hambre crónica, desnutrición u obesidad. Esto no se debe a la falta de producción, sino a que la seguridad alimentaria se ve comprometida por el acceso desigual a los alimentos y por sistemas de gestión política ineficientes e inequitativos (Fita et al, 2015).

Además de cambiar el sistema de producción, es necesario modificar nuestros modelos de consumo. A pesar de existir cientos de especies vegetales domesticadas, en la actualidad la principal fuente de calorías depende de apenas cinco cereales (trigo,

maíz, arroz, sorgo y mijo) (Kumar et al, 2022). Es cierto que existen muchas otras plantas cultivadas que forman parte de la dieta humana, sin embargo, no todas se producen a gran escala y algunas son de difícil acceso para distintas poblaciones. Esto nos habla de lo poco variada que es la alimentación moderna, y que representa un riesgo latente al depender de unas cuantas especies con una diversidad genética reducida.

Para diversificar las preferencias alimentarias debe existir una oferta variada que pueda sostenerse mediante la diversificación de cultivos. Es aquí donde pueden aprovecharse las plantas tradicionales locales, los cultivos huérfanos e incluso especies silvestres que puedan ser neodomesticadas, mediante herramientas de edición genética, para mantener y/o mejorar aspectos como su valor nutricional y su resistencia a condiciones extremas, pero eliminando rasgos indeseables.

No debe perderse de vista que el uso de las tecnologías de vanguardia, a pesar de traer grandes beneficios, debe ser debidamente regulado, ya que hay aspectos que no pueden predecirse con exactitud, como la posibilidad de mutaciones espontáneas que alteren el rendimiento esperado de la variedad editada o modifiquen las barreras reproductivas naturales entre variedades de una misma especie. Asimismo, hay preocupaciones de otro tipo, como el riesgo de otorgar un beneficio desproporcionado a sectores favorecidos e incrementar la desigualdad social, así como la falta de claridad sobre la propiedad intelectual de las variedades mejoradas mediante edición genética (Pixley et al., 2022).

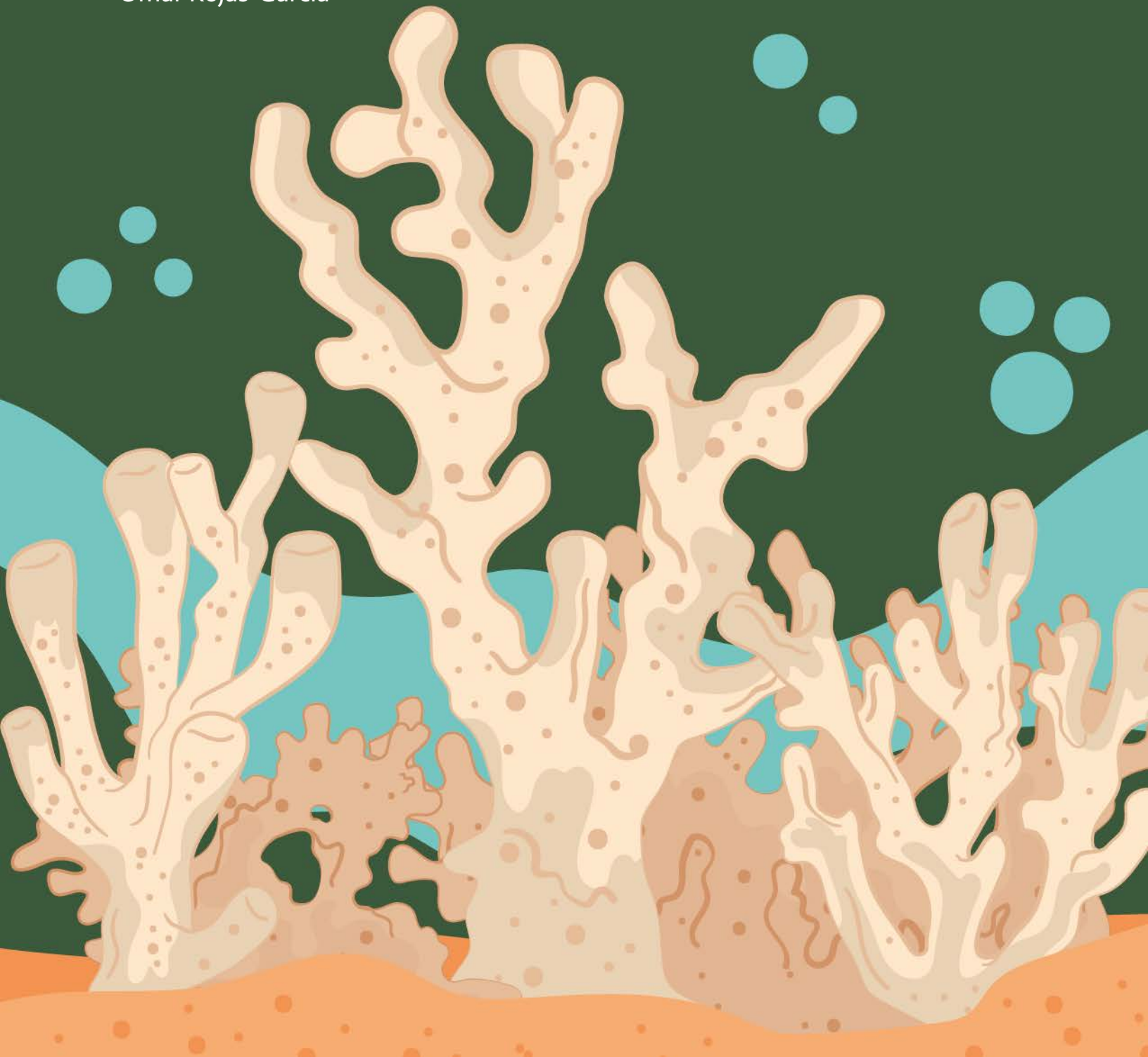
Las nuevas biotecnologías aplicadas al manejo de organismos domesticados se convertirán en una herramienta fundamental para hacer frente al importante desafío global de garantizar la seguridad alimentaria. Pero estos instrumentos modernos de mejoramiento genético no constituyen la solución definitiva. El esquema sostenible que necesitamos requiere entender la dinámica evolutiva de las especies, inventariar la base genética de los rasgos valiosos, conservar la diversidad biológica, optimizar múltiples recursos para amortiguar los costos ambientales, integrar el conocimiento tradicional de diversas poblaciones locales, así como promover una distribución más equitativa de los recursos y de los beneficios del avance biotecnológico. Vivimos un momento que requiere una nueva forma de gestionar la domesticación de especies.

Referencias

- Abbo S., Van-oss R.P., Gopher A., Saranga Y., Ofner I. and Peleg Z. (2014). Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes. *Trends in Plant Science*, 19: 351-360. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.12.002>
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Revista Ciencias*, 1(91): 21-29. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=64411463004>
- Darwin, Charles R. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London: John Murray.
- Derry, M. (2015). *Masterminding Nature: The Breeding of Animals, 1750-2010*. University of Toronto Press. Toronto.
- FAO. (2009). *Alimentar al mundo en 2050. Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria*. Roma, Italia.
- Fita, A., Rodríguez-Burruezo, A., Boscai, M., Prohens, J. and Oscar, V. (2015). Breeding and Domesticating Crops Adapted to Drought and Salinity: A New Paradigm for Increasing Food Production. *Frontiers in Plant Science*, 6(11): 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00978>
- Kumar, K., Mandal, S.N., Pradhan, B., Kaur, P., Kaur, K. and Neelam, K. (2022). From Evolution to Revolution: Accelerating Crop Domestication through Genome Editing. *Plant and Cell Physiology*, 63(11): 1607-1623. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcac124>
- Laguna-Rangel, F. A. (2019). Sistema CRISPR/Cas. *Ciencia*, 70(4): 1-5.
- Pixley, K.V., Falck-Zepeda, J.B., Paarlberg, R.L., Phillips, P.W., Slamet-Loedin, I., Dhugga, K.S., Campos, H. and Gutterson, N. (2022). Genome-edited crops for improved food security of smallholder farmers. *Nature Genetics*, 54: 364-367. <https://doi.org/10.1038/s41588-022-01046-7>
- Scanes, C. G. (2018). The neolithic revolution, animal domestication, and early forms of animal agriculture. In: C.G. Scanes and S. Toukhsati (eds.), *Animals and Human Society* (pp. 103-131). Academic Press.
- Theunissen, B. (2012). Darwin and His Pigeons. The Analogy Between Artificial and Natural Selection Revisited. *Journal of the History of Biology*, 45: 179-212. <https://doi.org/10.1007/s10739011-9310-8>
-
- M. en C. Miriam Rebeca Álvarez Tostado Reyes.** Candidata al grado de Doctora en Ciencias, cuya línea de investigación es la historia de la biología y la historia de las explicaciones evolucionistas, adscrita como profesora de asignatura en la FES Zaragoza de la UNAM. Email: mirirbk29@gmail.com
- Dr. Antonio Alfredo Bueno Hernández.** Profesor de tiempo completo, cuyas líneas de trabajo incluyen la historia y la filosofía de la biología comparada, la ornitología, la biogeografía y la sistemática. Responsable de la Unidad de Investigación en Biología Comparada y Biodiversidad, FES Zaragoza UNAM. Email: abueno@unam.mx
- Dra. Fabiola Juárez Barrera.** Profesora de tiempo completo, cuyas líneas de trabajo incluyen historia y filosofía de la biología, biogeografía histórica, sistemática y conservación. Responsable de la línea de investigación "Historiografía de la Biogeografía", adscrita a la FES Zaragoza de la UNAM. Email: fabiola.juarez@zaragoza.unam.mx

CORALES, SARGAZO Y CIENCIA. CONTRIBUYENDO AL RESCATE DEL CARIBE MEXICANO

Alejandro Ramos-Amezquita, Icoquih Zapata-Peñasco,
Omar Rojas-García



Resumen

Los arrecifes de coral en el Caribe mexicano, vitales para la biodiversidad y la economía de la región, enfrentan dos graves amenazas: el cambio climático y la llegada masiva de sargazo. El aumento de la temperatura en los océanos provoca el blanqueamiento y la muerte de los corales, mientras que el sargazo, una macroalga parda, asfixia los ecosistemas costeros y ahuyenta al turismo ligado al buceo en los bancos de corales y a las actividades en las playas. Sin embargo, ante tales situaciones, la ciencia ofrece soluciones interesantes e innovadoras. Por un lado, el monitoreo acústico pasivo permite “escuchar” de alguna forma, la salud de los arrecifes, y por otro lado, la biotecnología abre la puerta para transformar el sargazo de una macroalga que arriba masivamente en una materia prima valiosa para producir fertilizantes, biocombustibles y otros productos con alto valor comercial. Este artículo explora esta problemática y propone un cambio de perspectiva: ver la crisis como una oportunidad para construir un futuro más sostenible mediante la aplicación de la ciencia, la innovación y la economía circular.

Un tesoro bajo el agua

Imagina un jardín submarino, lleno de colores y de vida, precisamente, eso son los arrecifes de coral, que no son plantas, sino animales pequeños llamados pólipos y viven en estructuras de carbonato de calcio. Aunque los corales ocupan menos del

1% del fondo marino, albergan casi el 25% de las especies marinas (Basurto-Lozano, 2006). Además, su valor para la humanidad es inconmensurable, ya que protegen las costas de los huracanes, nos proporcionan alimentos y constituyen una fuente de nuevos medicamentos. Por otra parte, su belleza atrae a millones de turistas al año, generando una derrama económica importante para lugares como el Caribe mexicano (Ardisson et al, 2011).



Figuras generadas con: PopAi (2025). PopAi Pro

Estos animales tienen una relación perfecta con unas algas microscópicas llamadas zooxantelas, que también viven en los tejidos, no solo de los corales, sino también de otros animales invertebrados. Ellas realizan la fotosíntesis y proporcionan color, energía y alimento a los corales. Cuando el coral se estresa, las zooxantelas son expulsadas de la estructura de carbonato de calcio, lo que hace que los corales se vuelvan de color blanco. Se debe resaltar que los corales son muy sensibles al estrés, por lo que cuando el agua de mar se calienta demasiado, pierden las zooxantelas, se vuelven blancos y “esqueléticos”. Este fenómeno se conoce como blanqueamiento.

Por otra parte, la temperatura juega un papel muy importante, ya que si esta no disminuye, el coral muere. En 2023, las altas temperaturas de los océanos causaron la muerte de hasta el 80% del coral en algunas zonas del Pacífico y del Caribe (NOAA, 2023).

A esta amenaza global se suma un problema local y ya casi cotidiano en las costas del estado de Quintana Roo: el arribo masivo de la macroalga marina parda, el sargazo (Rosellón-Druker et al 2023).

La marea dorada que se volvió una pesadilla

Desde el año 2011, playas como Cancún y Tulum se ven invadidas por toneladas de sargazo. Esta macroalga, que no es una plan-

ta, flota en el mar y forma el “Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico” (Wang, 2019). Aunque en el mar abierto esta gran masa de algas pardas es un hábitat importante para tortugas, peces y crustáceos, su llegada masiva a las costas se ha convertido en un grave problema.

Cuando el sargazo se acumula en la orilla y se descompone, genera un olor fétido (a huevo podrido) debido a los gases que libera durante su descomposición, lo que ahuyenta a los turistas y daña la salud de las personas. Pero el daño no solo se limita a las playas, en el mar, las grandes manchas de sargazo bloquean la luz del sol, asfixiando a los corales y a los pastos marinos, que son esenciales para el equilibrio ecológico (Chávez et al. 2020).





Figuras generadas con: PopAi (2025). *PopAi Pro*

El turismo en jaque

El turismo es un motor económico importante en la región del Caribe mexicano. Más de 20 millones de visitantes al año generan alrededor de 20 mil millones de dólares y medio millón de empleos. Sin embargo, las playas cubiertas de sargazo son un desastre para la imagen del Caribe. En 2019, la llegada de medio millón de toneladas de sargazo provocó la cancelación de cerca de 200,000 reservaciones de hotel, además de los costos de la limpieza de playas son millonarios, limpiar un kilómetro de playa puede costar más de un millón de dólares al año (Vargas, 2020; UNAM, 2024).

Como se puede observar, el problema no solo es económico, sino también ambiental.

El sonido del silencio. ¿Cómo saber si un arrecife está sano?

Para proteger los arrecifes, primero debemos saber cómo están de salud. Tradicionalmente, los científicos bucean para contar peces y medir la salud del coral, un método efectivo pero lento y costoso. Por eso, hoy se utiliza una técnica innovadora: el monitoreo acústico pasivo. Así como una selva sana está llena de sonidos como el canto de aves, de grillos y de monos, un arrecife sano también es un lugar ruidoso. Hay chasquidos de camarones, crujidos de peces loro al morder el coral y gruñidos u otros sonidos de algunas especies al comunicarse. Entonces, al colocar hidrófonos, que son micrófonos subacuáticos, se puede escuchar el arrecife. Si

el paisaje sonoro es rico y complejo, es señal de que hay mucha vida. Si, por el contrario, el arrecife se vuelve silencioso, es una alerta temprana de que algo anda mal (Simmons, et al, 2021). Este método es bastante barato, no molesta a las especies y da información constante y valiosa sobre la salud del ecosistema. La ciencia, así, nos ayuda a diagnosticar el problema de forma rápida, eficaz y eficiente.



Figuras generadas con: PopAi (2025). PopAi Pro

Del diagnóstico a la acción. ¿Y si el sargazo en exceso no es un problema molesto para las costas, sino un tesoro?

Escuchando los arrecifes sabemos que están en problemas, en parte por el sargazo, pero ¿y si dejamos de ver al sargazo como una macroalga que afecta y lo vemos como un recurso explotable? La biotecnología está mostrando que es posible cambiar esta perspectiva. En lugar de pagar por quitarlo y desecharlo, se puede aprovechar. Esta es la clave de la economía circular, darles una nueva vida a los materiales en lugar de desecharlos.

El sargazo tiene un enorme potencial:

- 1. Fertilizante natural.** Es rico en nutrientes como nitrógeno y potasio. Científicos de la UNAM y del IPN han desarrollado métodos para convertirlo en composta y producir fertilizantes orgánicos que ayudan al campo y reducen el uso de químicos.
- 2. Biogás y Bicombustibles.** Durante la digestión anaerobia del sargazo puede producirse biogás, como el metano. Sus azúcares pueden fermentarse para producir bioetanol, un combustible más limpio que la gasolina. Se calcula que 200 toneladas de sargazo podrían generar hasta 50,000 litros de etanol (Powell 2024).

3. Materia prima para todo. Ya se experimenta con él para fabricar bioplásticos, materiales de construcción, como ladrillos ecológicos, papel, cosméticos y jabones, e incluso para cultivar setas. (Amador-Castro et al., 2021).

Valorizar el sargazo no solo limpia las playas, sino que crea empleos verdes en cada etapa: recolección, transporte y procesamiento, y fomenta una nueva industria sostenible. Es pasar de un modelo de “usar y tirar” a otro en el que todo se aprovecha.

El futuro es verde (y viene del mar)

El Caribe mexicano está en una encrucijada. Los arrecifes se blanquean y el sargazo inunda las costas. Sin embargo, la ciencia nos ofrece las herramientas para cambiar el rumbo. El monitoreo acústico permite un diagnóstico certero de la salud de los corales. La biotecnología ofrece una solución brillante: transformar la amenaza del sargazo en una oportunidad. Al convertirlo en fertilizante, energía o nuevos productos, no solo salvamos nuestras playas y arrecifes, sino que construimos una economía más fuerte y respetuosa con el entorno. El reto es grande y requiere inversión, voluntad política y participación ciudadana. Pero el camino está trazado. La próxima vez que veamos sargazo en la orilla, tal vez deberíamos preguntarnos no “¿cómo lo quitamos?”, sino “¿qué podemos crear con él?”. El futuro del Caribe, un futuro verde y sostenible, puede estar naciendo justo ahí, en esa marea que antes considerábamos un problema.

REFERENCIAS

- Amador-Castro, F., García-Cayuela, T., Alpizar-Reyes, E., & Carrillo-Nieves, D. (2021). Valorization of pelagic sargassum biomass into sustainable applications: Current trends and challenges. *Journal of Environmental Management*, *283*, 112013. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112013>
- Ardisson P.-L., M. A. May-Kú, M. T. Herrera-Dorantes y A. Arellano-Guillermo. 2011. El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible. *Hidrobiológica* 21(3): 261-280.
- Basurto-Lozano, D. Arrecifes coralinos. En: Moreno-Casasola, P., E. Peresbarbosa y A. C. Travieso-Bello (Eds.). *Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal*. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT)-Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, México. 2006. Disponible en: www1.inecol.edu.mx/publicaciones/MANEJO_INTEGRAL.htm.
- Chávez, V., Uribe-Martínez, A., Cuevas, E., Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B. I., Francisco, V., ... Silva, R. (2020). Massive influx of pelagic *Sargassum* spp. on the coasts of the Mexican Caribbean 2014–2020: Challenges and opportunities. *Water*, 12(10), 2908. <https://doi.org/10.3390/w12102908>
- NOAA. (2023). What are coral reefs? National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.coris.noaa.gov/about/what_are/
- Powell, K. (2024). How I'm turning seaweed into bio-fuel for cars on Barbados: Mechanical engineer Legena Henry converts sargassum and rum-distillery waste water to produce sustainable natural gas for vehicles. *Nature*, *635*(8039), 516. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-03684-9>.
- Rosellón-Druker, J., Ortiz-Pérez, M. L., Gutiérrez-Mendieta, F. J., & Córdoba-Tlaxcalteco, E. (2023). Local ecological knowledge and perception of the causes, impacts and effects of *Sargassum* massive influxes: A binational approach. *Ecosystems and People*, *19*(1), 2253317. <https://doi.org/10.1080/26395916.2023.2253317>
- Simmons, K. R., Eggleston, D. B., & Bohnenstiehl, D. R. (2021). Soundscapes as a tool for assessing coral reef health: A review of methods

and applications. *Frontiers in Marine Science*, *8*, 673258. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.673258>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2024). Costos de manejo del sargazo en Quintana Roo: Informe técnico 2024. UNAM, Unidad Académica de Sistemas Arrecifales, Puerto Morelos.

Vargas, A. (2020). *Impacto económico del sargazo en el Caribe Mexicano: Análisis del período 2015-2019* [Informe interno]. Asociación de Hoteles de Cancún, Puerto Morelos e Isla Mujeres.

Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science*, *365*(6448), 83-87. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7912>

Omar Rojas es biólogo por la UAM-X. Después, realizó estudios de medio ambiente y desarrollo por parte del IPN. Años más tarde, cursó sus estudios doctorales en el Instituto de Geografía de la UNAM. Realizó una estancia postdoctoral en la FES Aragón. Ha realizado estudios de Impacto Ambiental, Ordenamiento Ecológico Territorial, Análisis de Riesgo Ambiental y Planes de Desarrollo Urbano Municipal. Es especialista en temas de biodiversidad, cambio climático, uso sustentable del agua, además de ética y gobierno corporativo. Ha escrito capítulos de libros y artículos científicos y de divulgación científica. Tiene experiencia en la iniciativa privada y organizaciones civiles, así como en proyectos de divulgación científica. Es candidato a SNI a partir del año 2023 y cuenta con una beca posdoctoral del Conacyt desde diciembre de 2022, correspondiente a la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México. Actualmente trabaja como profesor en la FES Aragón de la UNAM para las carreras de economía y planificación para el desarrollo agropecuario

Icoquih Zapata-Peñasco. Es investigadora sénior en el Instituto Mexicano del Petróleo. Sus intereses de investigación se centran en biotecnología, bioprocesos, biomateriales, bioingeniería y biología molecular. Ha contribuido en proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico destinados a soluciones para el sector energético. Entre sus publicaciones se encuentran artículos en revistas indexadas,

capítulos de libros, derechos de autor y patentes nacionales e internacionales. Además, ha sido tutora de estudiantes de licenciatura y posgrado.

Alejandro Ramos Amézquita. Es investigador y docente en el campo de la acústica y las ciencias interdisciplinarias. Es doctor en ingeniería acústica por la Universidad Politécnica de Madrid, maestro en ciencias (ciencias del mar y limnología) y en música por la UNAM, además de licenciado en física. Sus líneas de investigación se centran en el monitoreo acústico pasivo de ecosistemas marinos, la ecología del paisaje sonoro, la aplicación de análisis de datos y aprendizaje de máquina en bioacústica, y la arqueología acústica mesoamericana. Ha participado en proyectos relacionados con el paisaje sonoro submarino en el Caribe mexicano, la modelación acústica arquitectónica y las políticas públicas sobre contaminación acústica. Cuenta con publicaciones en revistas y capítulos de libro, así como participaciones en congresos nacionales e internacionales. Ha impartido cursos en física, acústica y ciencias en diversas instituciones de educación media superior y superior, y ha dirigido tesis y colaborado en el diseño curricular interdisciplinario.



Figuras generadas con: PopAi (2025). *PopAi Pro*



Facultad de
Estudios
Superiores
Aragón
Órgano oficial de información



PaCiencia
Pa'Todos

CERTAMEN

VECINOS INVISIBLES: LA FLORA Y FAUNA QUE NOS RODEAN

El Comité Editorial de la Revista de Divulgación Científica de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM-Cátedra UNESCO-UIR, *PaCiencia Pa'Todos*, invita al público en general a participar en el Certamen "Vecinos invisibles: la flora y fauna que nos rodean", con las siguientes bases:

1) Presentar un trabajo, en solo una de las cuatro modalidades contempladas:

- a) Artículo de divulgación
- b) Fotografía
- c) Ilustración

2) Se consideran solo dos categorías de participación:

- a) Juvenil (15 a 25 años)
- b) Abierta (26 años en adelante)

3) Los trabajos presentados deben anexar una declaración explícita por parte del autor o autores de que son totalmente originales e inéditos; *no se considerarán si se utiliza IA para su generación*. No deberán participar simultáneamente en ningún otro concurso, evento o revista.

4) Cada concursante podrá participar con un máximo de 1 trabajo en las modalidades que elija y únicamente en una categoría.

5) Los artículos de divulgación deberán tener entre 1800 y 2300 palabras como máximo, con lenguaje sencillo, sin uso de tecnicismos, ser originales, con referencias en formato APA 7.^a edición. Ver recomendaciones para autores:

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

6) Las fotografías deberán enviarse en formato digital de alta resolución (300 dpi), en formato .JPG o PDF. Tamaño recomendado: 1080 × 1080 px (formato cuadrado) o 1080 × 1350 px (vertical optimizado para redes). Deberán indicar:

- Título de la fotografía
- Autor(es) de la fotografía
- Correo electrónico y redes sociales
- Institución de adscripción (si aplica)
- Nombre del proyecto (si aplica)
- Nombre del responsable del proyecto (si aplica)
- Actividad del autor de la ilustración en el proyecto (si aplica)
- Año de obtención
- Tipo y marca del equipo fotográfico, microscópico o telescópico
- Características técnicas de la fotografía

Las fotografías que no cumplan con los puntos anteriores no serán consideradas.

CREATIVIDAD VERDE: CÓMO LA INNOVACIÓN SOCIOAMBIENTAL CAMBIA VIDAS EN AMÉRICA LATINA

Yesenia Fuerte Velázquez,
José Alberto Solís Navarrete



Resumen

En las últimas décadas, América Latina ha enfrentado grandes desafíos ambientales y sociales: contaminación, desigualdad, pérdida de biodiversidad, deforestación, escasez de agua y daños a la salud humana. Sin embargo, también se ha convertido en un territorio fértil para la creatividad y la búsqueda de soluciones sostenibles. Cada vez más comunidades, emprendedores y organizaciones impulsan proyectos que combinan el uso del conocimiento para el cuidado del medio ambiente y apoyar el bienestar social. A este movimiento se le conoce como innovación socioambiental. Una forma de ser más inclusiva, participativa y equitativa, además, se apoya a la generación y fortalecimiento del conocimiento local, los cuales, llegan a contribuir a un desarrollo regional y sustentable. Por lo tanto, el objetivo de presente trabajo muestra algunos ejemplos de innovación socioambiental en territorios localizados como una forma oportuna de fortificar a los más desfavorecidos a través de la proposición de diversos proyectos de desarrollo.

¿Qué es la innovación socioambiental?

Desde antaño, el concepto de innovación está relacionado con los procesos manufactureros y tecnológicos; su desarrollo se debe al conocimiento, a las habilidades y a las destrezas del capital humano (Figura 1). Su principal motivación es la concentración de

recursos económicos por parte de quienes la desarrollan. El concepto se popularizó en la década de los cuarenta en el pasado siglo XX por el economista Joseph Schumpeter como elemento fundamental del sector empresarial, donde la pieza clave era el inventor en las empresas (Reinel Defelipe et al., 2023).

En años recientes, el término de innovación ya no solo se aplica a los procesos que están relacionados con el mercado, sino por el contrario, resulta necesario resaltar las capacidades territoriales locales y su articulación, identificando que los territorios son diferentes, pero con la oportunidad de que surja creatividad y conocimiento a partir de los recursos con los que cuenta el territorio; geográficamente hablando, es una oportunidad para las zonas rurales debido a la gran biodiversidad con que cuentan, además de su capital social y cultural (Provenzano et al., 2016).



Figura 1. Innovación como impulso al desarrollo económico y social (Hernández, 2017)

En este tenor, las acciones colectivas llevan a una gobernanza, generando seguridad en los procesos que se llevan a cabo en la comunidad tanto social, económico y político, pues a ello se le atribuye el sentido de reciprocidad y solidaridad con la finalidad de alcanzar el bienestar común (Solis-Navarrete et al., 2021)

Siguiendo estas ideas, la innovación socioambiental se destaca como un proceso articulador entre la sociedad, las instituciones y los cambios organizacionales (Velázquez Durán & Rosales Ortega, 2024). Son formas de repensar la manera en que vivimos, producimos y consumimos, buscando el equilibrio entre las personas, la economía y la naturaleza de manera simultánea, y no sólo de inventar herramientas tecnológicas, sino, por el contrario, de impulsar los cambios sociotécnicos, que pueden contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS). La proyección de este tipo de innovación conlleva la formulación de nuevos modelos de desarrollo vinculados a una economía social, basados en la participación comunitaria, con la finalidad de fortalecer las capacidades humanas territoriales (Nahes-Toral et al., 2012).

En América Latina, la innovación socioambiental tiene un valor especial porque responde a realidades muy diversas: desde la Amazonía hasta las zonas urbanas más densas. Las soluciones que emergen aquí suelen ser creativas, inclusivas y adaptadas al contexto local, utilizando recursos naturales de manera responsable y fortaleciendo la participación comunitaria.

Ejemplos que inspiran

Uno de los casos más conocidos es el de los “Biodigestores familiares” en regiones de países como Colombia, Costa Rica, Perú y Bolivia; a pesar de su elevado costo tecnológico, representan una alternativa energética, sobre todo para zonas rurales (Figura 2). Estos dispositivos transforman los desechos orgánicos de los animales en biogás para cocinar y en fertilizantes naturales para los cultivos. De esta forma, las familias reducen el uso de leña, disminuyen las emisiones de gases contaminantes y mejoran su economía (Acosta Pabuenta & Pasqualino, 2014).



Figura 2. Biodigestor familiar (El Financiero, 2014)

Con la finalidad de no dejar a nadie atrás, en Brasil proyectos como “Catadores” han impulsado cooperativas de recolectores de residuos, otorgando valor social y económico a quienes tradicionalmente eran mar-

ginados (Figura 3). Estas cooperativas no solo reciclan toneladas de materiales que antes iban a los vertederos, sino que también ofrecen empleos dignos y promueven la educación ambiental en las ciudades. Un ejemplo de ello, es la Cooperativa de Agentes Ambientales de Foz de Iguazú COOAAFI, su iniciación se registró desde el 2002 (Díaz Buitrago, 2022) o bien cuando se habla de la Cooperativa El Corre Camino, la cual, sigue brindando su servicio aún en tiempos de post pandemia en Argentina como una forma de seguir sosteniendo la vida de los más vulnerables a través de estos movimientos sociales brindando un servicio como lo es la recolección de residuos y seguir con su buena gestión en pro del medio ambiente (Bazán et al., 2021).



Figura 3. Catadores como fomento a la recolección y reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos (Almeida, 202)

En México, destacan iniciativas de agroecología que enseñan a campesinos a producir alimentos sanos sin dañar el suelo ni el agua, proyectos que se desarrollan desde instituciones públicas hasta cooperativas A.C. (Figura 4). Por ejemplo, los programas de Producción para el Bienestar, Sembrando Vida, Agrosano a nivel gubernamental, mientras que a nivel asociatividad se encuentra la organización social Red Tsiri en el Estado de Michoacán, una iniciativa entre el sector académico y el campesinado, con enfoque de equidad de género, agroecológico y con el uso de ecotecnología para la elaboración de alimentos hechos a base de maíz orgánico, como una forma de innovación que parte de los procesos organizativos, la inclusión social ambiental, justamente asociado a un modelo de economía solidaria y de mercado justo, además de contribuir con el sentido de pertenencia cultural que caracteriza a la regiones del país, México (Red Tsiri, 2025).



Figura 4. Mujeres en emprendimientos socioambientales (Red Tsiri, 2025)

También, han surgido empresas sociales que fabrican bloques de construcción con residuos plásticos, aportando a la vivienda sustentable y a la reducción de la contaminación (Figura 5), tal es el caso de algunas regiones en Colombia con la construcción de casas de interés social a partir de este tipo de materiales dando oportunidad a comunidades rurales y vulnerables (de escasos recursos) de la región (Díaz Buitrago, 2022). En Argentina y Chile, los emprendimientos de energías renovables comunitarias permiten que los pueblos aislados generen su propia electricidad mediante paneles solares o microturbinas eólicas (Moreira & Garrido, 2014).



Figura 5. Casas hechas a base de botellas recicladas (Yanez, 2021)

Ideas que cambian vidas

La innovación socioambiental representa una oportunidad única y sostenible para transformar el modelo de desarrollo

en América Latina. Si se apoya en políticas públicas adecuadas, financiamiento verde y educación ambiental (ciencia + creatividad + compromiso ciudadano), puede favorecer una economía más justa y resiliente. Además, fomenta valores de solidaridad, respeto por la naturaleza y justicia social, elementos esenciales para enfrentar los retos del cambio climático.

América Latina posee una enorme riqueza natural y cultural. La clave está en aprovechar esa diversidad para construir un futuro en el que el progreso no se mida solo en dinero, sino también en bienestar, equidad y equilibrio ambiental. Porque innovar no es solo inventar algo nuevo: es imaginar y construir un mundo mejor para todos. Lo importante en ello es que cualquier iniciativa que surja de cooperativas, asociaciones civiles, grupos juveniles o del sector público que actúe a nivel local tenga impactos globales.

La innovación socioambiental nos recuerda que cuidar el planeta y mejorar la vida de las personas no son objetivos separados. Cuando unimos creatividad y compromiso social, construimos el futuro que queremos habitar.

En lugar de esperar soluciones externas, las comunidades latinoamericanas están demostrando que pueden ser protagonistas del cambio. Se necesita un mayor reconocimiento para que estas y demás emprendimientos o investigaciones sean reconocidos desde el enfoque de innovación socioambiental, sobre todo en México. Sin embargo, los logros

alcanzados son una esperanza para seguir avanzando hacia la sustentabilidad y cumplir de manera más contundente los objetivos establecidos en la Agenda 2030 en América Latina.

Referencias

- Acosta Pabuenta, M., & Pasqualino, J. (2014). Potencial de uso de biogás en Colombia. *Teknos Revista Científica*, 14(2), 27. <https://doi.org/10.25044/25392190.468>
- Almeida, E. (2020). Recifavela: reciclaje e integración vs pandemia y marginación en Brasil. <https://distintaslatitudes.net/historias/serie/reciclaje/recifavela-brasil>
- Bazán, C., Siedl, A., & Robertazzi, M. (2021). Estrategias asociativas, apelaciones e interpretaciones de una cooperativa de recicladores respecto de las políticas públicas y las acciones sociales en torno a la gestión de residuos. *Anuario de Investigaciones*, 28(1), 347-363. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=369170422037%0APDF>
- Díaz Buitrago, A. C. (2022). Desafíos de las cooperativas de cataores de materiales reciclables en el contexto de la economía solidaria: una mirada desde el servicio social. *Instituto Latinoamericano de Economía, Sociedade e Política, Universidade Federal da Integração Latino-Americana*.
- El Financiero. (2014). De un proyecto colegial a sacar una especialización y finalmente a fundar una empresa de biodigestores. <https://www.elfinancierocr.com/pymes/de-un-proyecto-colegial-a-sacar-una-especializacion-y-finalmente-a-fundar-una-empresa-de-biodigestores/HBRGWT6I7NFJDCXG6WN6P4OXPI/story/>
- Moreira, A. J., & Garrido, S. (2014). Cooperativismo y desarrollo local: un análisis de sistematización de experiencias en las cooperativas de lecheros [Universidad de Buenos Aires]. In *X Jornadas de Sociología*. <https://doi.org/10.5261/2014.gen1.01>
- Nahes-Toral, J., Sánchez-Muñoz, J., Ruiz-Rojas, J., Delgadillo-Puga, C., & Guevara-Hernández, F. (2012). Innovación socioambiental desde la perspectiva pecuaria: el caso de la transición hacia la ganadería orgánica en Tecpatán, Chiapas. In E. Bello Baltazar, E. Narajo Piñera, & R. Vandame (Eds.), *La otra innovación para el ambiente y la sociedad en la frontera sur de México*.
- Provenzano, V., Arnone, M., & Seminara, M. R. (2016). Innovation in the Rural Areas and the Linkage with the Quintuple Helix Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 223, 442-447. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.269>
- Red Tsiri. (2025). De la milpa a tu mesa. <https://www.redtsiri.com/medios/>
- Reinel Defelipe, M., Serpa Ávila, I. F., Castiblanco, S., & Cardona A., M. (2023). Evolución del concepto de innovación y sus implicaciones en el sector hotelero: revisión de la literatura. *Suma de Negocios*, 4(2), 21-38.
- Solis-Navarrete, A., Bucio-Mendoza, S., & Paneque-Gálvez, J. (2021). What is not social innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, 173, 121190. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121190>
- Velázquez Durán, V. M., & Rosales Ortega, R. (2024). Addressing complexity and diversity in the sustainable transitions of spiny lobster fisheries in Quintana Roo, Mexico. *Earth System Governance*, 20, 100205. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2024.100205>
- Yanez, A. (2021). Un conglomerado de botellas de vidrio y plástico entrelazado con miel, arena, desechos, aceite de linaza y leche puede convertirse en viviendas para familias necesitadas en Latinoamérica. <https://viajeropeligro.com/2021/12/03/casas-de-botellas/>
-
- Dra. Yesenia Fuerte Velázquez.** Investigadora Posdoctoral de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECHITI) en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuya línea de investigación es sobre la innovación socioambiental como marco de análisis de la agroecología en los territorios rurales.
Email: yfuerte@ciga.unam.mx
- Dr. José Alberto Solís Navarrete.** Investigador de tiempo completo, adscrito al Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuya línea de investigación principal se basa en las políticas públicas para el desarrollo territorial con énfasis en ciencia, tecnología e innovación.
Email: jsolis@ciga.unam.mx

HAZ LA CIENCIA, NO LA GUERRA: CUANDO EL CONOCIMIENTO UNE LO QUE LA POLÍTICA SEPARA

Victoria Edwina Campos García y
Jorge Samuel León Magdaleno



Resumen

Si hojeamos cualquier libro de historia general, desde los manuales escolares básicos hasta los gruesos volúmenes académicos, es sumamente fácil caer en la trampa intelectual de creer que el mundo avanza y se transforma exclusivamente a golpes de violencia. Las guerras, invasiones, asedios, conflictos fronterizos y rivalidades imperiales sangrientas parecen ser los únicos motores visibles y reconocidos del cambio social, económico y geopolítico. La narrativa histórica convencional, arraigada en nuestra cultura, nos habla constantemente de nación contra nación, sumergiéndonos en una visión del mundo como un juego de suma cero. En este paradigma, se asume que, para que un bando gane, el otro debe perder. Sin embargo, a la sombra de estas batallas y tratados, existe otra historia. Es una narrativa fascinante, pacífica y profundamente humana que rara vez ocupa el centro de los planes de estudio. No suele inspirar superproducciones cinematográficas ni acaparar grandes titulares, pero ha sido una fuerza vital y fundamental para la supervivencia, el progreso y la prosperidad ininterrumpida de toda la especie humana en este inmenso planeta.

La ciencia como terreno neutral y lenguaje universal

Para comprender este fenómeno esperanzador, debemos imaginar la ciencia no solo como conocimientos empíricos o fór-

mulas matemáticas aisladas, sino como un colosal puente diplomático construido sobre aguas increíblemente turbulentas. Abajo, en el río de la historia, rugen los conflictos políticos coyunturales, los nacionalismos exacerbados y las encarnizadas disputas territoriales. Arriba, en la sólida estructura del puente, científicos de países profundamente enfrentados se encuentran de igual a igual, dialogan con respeto y colaboran con un objetivo común que trasciende los pasaportes: resolver problemas que afectan a todos. La ciencia posee un lenguaje intrínsecamente universal, basado en datos comprobables y en evidencia empírica rigurosa. Un claro ejemplo de esta dinámica integradora ocurrió en 1968, año marcado por la división geopolítica. En ese tenso contexto, representantes de India, Pakistán, Estados Unidos y la Unión Soviética se reunieron en la OMS. El mundo vivía bajo la doctrina de la destrucción mutua, pero aparcó sus profundas diferencias para combatir la viruela. El asombroso resultado fue la erradicación de una enfermedad extremadamente letal e histórica (Executive Board, 41, 1968).

La diplomacia de las vacunas: un helado contra la Cortina de Hierro

La exitosa campaña de erradicación de la viruela no fue un caso aislado de diplomacia médica. A mediados de la década de 1950, mientras el mundo apenas se recuperaba de la guerra, la humanidad enfrentaba otra

amenaza biológica que paralizaba de miedo a muchas familias: la poliomielitis. Esta enfermedad viral afectaba el sistema nervioso, dejando a miles de niños repentinamente paralizados cada año. Mientras Washington y Moscú acumulaban armas nucleares, dos científicos excepcionales decidieron establecer una línea directa de comunicación profesional. Albert Sabin, tenaz investigador estadounidense, desarrolló una vacuna oral. Realizar pruebas masivas en Estados Unidos era complicado debido a regulaciones estrictas. Frustrado, Sabin miró hacia la Unión Soviética y contactó a Mikhail Chumakov. Desafiando la vigilancia, Sabin envió sus valiosas cepas a la URSS. Chumakov organizó una vacunación masiva sin precedentes. La vacuna, administrada en simples terrones de azúcar, fue un éxito rotundo, inmunizando velozmente a millones y demostrando que la ciencia pura trasciende las fronteras políticas de manera absolutamente admirable (Vargha, 2018).

Un apretón de manos en el vacío infinito

A veces, para lograr entender lo absurdos que son nuestros violentos conflictos territoriales y disputas ideológicas terrestres, es absolutamente necesario cambiar de perspectiva de forma radical y atreverse a mirar nuestro propio planeta desde la inmensa oscuridad del cosmos. La vertiginosa carrera espacial, iniciada como una agresiva extensión tecnológica e ideológica de la

Guerra Fría para demostrar superioridad, experimentó un giro hermoso y poético hacia la cooperación internacional pacífica en la turbulenta década de 1970. En julio de 1975, el mundo contuvo el aliento ante la culminación del gran Proyecto Apolo-Soyuz. Por primera vez, una nave estadounidense y otra soviética se lanzaron al espacio para encontrarse. Ingenieros de ambos bandos superaron enormes recelos, barreras lingüísticas y profundas desconfianzas militares. Cuando las naves se unieron en órbita con total precisión, los valientes astronautas Thomas Stafford y Alexey Leonov se dieron un cálido y genuino apretón de manos en total ingravidez. Ese gesto demostró, políticamente, que dos sistemas verdaderamente opuestos podían funcionar perfectamente, muy unidos y pacíficamente (Launius & Hunley, 2022).

El CERN: Reconstruyendo el alma de Europa a través de la física

Si descendemos del inmenso vacío del espacio exterior y posamos la mirada analítica en la Europa de la inmediata posguerra, encontramos un panorama desolador. Encontramos las ruinas humeantes de un continente que había sido destrozado no solo económica y materialmente por los bombardeos, sino también espiritual y moralmente. En la década de 1950, la ciencia europea estaba muy fragmentada y sufría una fuga de cerebros hacia Norteamérica. Fue en este clima de desesperanza cuando un grupo

de visionarios, entre ellos el físico Louis de Broglie, propuso crear un laboratorio internacional que uniera de nuevo a las naciones europeas en torno a la investigación nuclear con fines estrictamente pacíficos. Así nació el grandioso CERN en 1954, ubicado deliberadamente en la frontera neutral franco-suiza. Su estricta política de total transparencia fue el mejor antídoto contra el oscuro secretismo. Hoy en día, miles de físicos de diferentes nacionalidades trabajan codo a codo demostrando que la ciencia logra sanar antiguas y profundas heridas históricas (Lellouch, & Michel, 2019).

Ciencia brillante para la paz en el corazón de Oriente Medio

El asombroso e innegable modelo de éxito organizativo, científico y pacificador que representaba el CERN resultó tan profundamente inspirador que sirvió directamente de plano maestro para impulsar un proyecto que parecía casi una quimera utópica e inalcanzable en una de las regiones geopolíticamente más fracturadas, inestables y tristemente conflictivas de todo el planeta Tierra: el turbulento Oriente Medio. Siguiendo fielmente la estela probada de la exitosa diplomacia científica, se inauguró en Jordania el imponente centro SESAME. La asombrosa lista oficial de los Estados miembros que respaldan este proyecto desafía frontalmente cualquier lógica política: Chipre, Egipto, la República Islámica de Irán, el Estado de Is-

rael, Jordania, Pakistán, la Autoridad Palestina y Turquía. En cualquier foro internacional, lograr sentar juntos a estos embajadores sería una pesadilla diplomática insalvable. Sin embargo, dentro de las instalaciones científicas, investigadores iraníes e israelíes colaboran diariamente analizando moléculas, desarrollando materiales y construyendo, de manera sólida, mucha confianza interpersonal entre sus comunidades, constantemente divididas, en un grandioso esfuerzo por la humanidad (Llewellyn Smith, 2018).

La blanca inmensidad de la Antártida: el continente consagrado permanentemente a la paz

Existe un lugar extremo, prístino y remoto en nuestro planeta que, por dictamen expreso de la ley internacional moderna, no pertenece legal ni soberanamente a nadie y que, gracias a esa misma razón jurídica, nos pertenece de manera colectiva. A finales de la tensa década de 1950, en plena escalada armamentística de la Guerra Fría, existía el temor justificado de que la inexplorada Antártida se convirtiera rápidamente en un peligroso escenario de encarnizadas disputas soberanas, de pruebas nucleares o de bases militares secretas. Para evitar a toda costa esta inminente catástrofe geopolítica y ambiental, las potencias mundiales negociaron conjuntamente y firmaron en 1959 el Tratado Antártico, que es vinculante. Este documento legal congeló de manera per-

manente todas las ambiciosas reclamaciones territoriales y estableció que toda la inmensa extensión se utilizaría, a partir de ese momento, exclusivamente para nobles fines pacíficos en beneficio de toda la humanidad. Hoy, múltiples científicos de todo el mundo comparten datos climáticos y cooperan de manera muy eficaz (Berkman et al., 2011).

El clima global no reconoce ni respetará jamás nuestras fronteras

Avanzando de forma acelerada hacia nuestro presente complejo y globalizado, nos damos cuenta, con creciente alarma, de que el gran enemigo común y existencial de nuestra especie ha cambiado de rostro, de táctica e inmensa magnitud. Ya no se trata única y exclusivamente del paralizante pánico a una guerra nuclear repentina, sino del lento, inexorable y devastador colapso ecológico generalizado de la biósfera que nos sustenta. El peligroso cambio climático acelerado es el epítome del problema verdaderamente global que ignora por completo las estrictas leyes aduaneras; una pesada tonelada de carbono emitida en Norteamérica contribuye exactamente igual que una tonelada emitida en Asia. Reconociendo científicamente y con urgencia esta fatal e innegable interdependencia química que une el destino de todas las naciones, la comunidad internacional logró marcar un hito diplomático verdaderamente monumental en el año 2015 con el Acuerdo de París. Este pacto global cooperativo se basó totalmente en los reportes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, verdaderamente consolidados (Klein et al., 2017).



Figura 1. *La blanca inmensidad de la Antártida: el continente consagrado permanentemente a la paz.* Google. (2024). Imagen generada por IA sobre la Antártida y el Tratado Antártico. Nano Banana Pro (imagen elaborada con <https://generative.google.com>)

Cooperar activamente es una parte fundamental de nuestra biología evolutiva

Si nos detenemos un momento para analizar críticamente todos estos grandiosos ejemplos históricos, que abarcan desde el triunfo médico contra la viruela hasta los monumentales acuerdos climáticos modernos, descubriremos con asombro que no son, en absoluto, afortunados accidentes históricos. Por el contrario, responden de manera maravillosa a una característica fundacional, profunda e intrínseca de nuestra propia naturaleza como especie animal inteligente en este planeta. Durante demasiado tiempo, la cultura popular se encargó de difundir una versión sumamente simplificada, cruda y violenta de la teoría darwiniana, centrada exclusivamente en el despiadado concepto de la enorme supervivencia del más fuerte. Sin embargo, las investigaciones multidisciplinarias más recientes sugieren con contundencia que no logramos prevalecer por ser territorialmente agresivos. Todo lo contrario: nuestro innegable éxito planetario se debió primordialmente a que fuimos una especie cognitiva más empática, hipersocial, enormemente comunicativa y abrumadoramente cooperativa en el ámbito grupal. La práctica de la guerra organizada es muy reciente; la cooperación siempre está muy profundamente arraigada biológicamente en nuestros genes (Hare & Woods, 2020).



Figura 2. Cooperar activamente es una parte fundamental de nuestra biología evolutiva. Google. (2024).

[Imagen generada por IA sobre la cooperación humana como rasgo biológico evolutivo y la filosofía de la paz]. Nano Banana Pro. (Imagen elaborada por <https://gemini.google.com>)

La profunda filosofía de la razón, el intelecto y el rechazo a la violencia Esta fuerte e innegable inclinación natural y constructiva de nuestra especie hacia la indispensable cooperación pacífica y el diálogo racional ha sido brillantemente documentada y defendida de manera apasionada por algunas de las mentes más lúcidas de la larga historia huma-

na, haciéndolo de manera intuitiva muchísimo tiempo antes de que tuviéramos acceso a la genética. Consideremos la compleja y fascinante vida del famoso físico teórico Albert Einstein. A lo largo de su vida, Einstein vivió profundamente atormentado, cargando con un ineludible sentimiento de profunda responsabilidad moral por las catastróficas y pavorosas implicaciones bélicas de la bomba atómica, enormemente destructivas. A raíz de esto se convirtió en un firme pacifista activo. Einstein advirtió proféticamente: “La paz no puede mantenerse jamás únicamente por la amenaza de la fuerza o por el enorme miedo a la destrucción; la verdadera paz solo puede lograrse mediante un mutuo entendimiento racional pleno”. Para él, la ciencia pura siempre debía servir a nobles objetivos (Isaacson, 2007).

Ciencia Abierta

La dura e imborrable lección de cooperación de la reciente pandemia. La historia humana más contemporánea, la que todavía hoy palpita con fuerza en nuestros recuerdos, nos ofreció, de manera increíblemente abrupta, inesperada y dolorosa, una inmensa prueba de fuego a escala planetaria sobre la absoluta urgencia de aplicar en la práctica diaria todos estos nobles principios filosóficos de solidaridad compartida. Cuando la trágica e implacable pandemia global por el virus COVID-19 golpeó de forma devastadora y paralizó por completo la actividad mundial, sumiendo a las naciones en múltiples cuarentenas masivas y esparciendo un

gran miedo, la fenomenal respuesta de la inmensa comunidad científica se erigió en un indiscutible triunfo. En cuestión de días, lograron secuenciar el genoma del coronavirus por completo. Tomaron la decisión ética de publicarlo de inmediato y libremente. Esta crucial decisión de compartir abiertamente permitió desarrollar vacunas casi de inmediato, demostrando a todos que nuestra supervivencia depende de esta enorme ciencia abierta, globalmente aplicada, siempre unida de manera muy inteligente para enfrentar el futuro planetario (Boulton, 2021).

La historia de la humanidad nos deja una lección ética clara y esperanzadora. Cuando los países deciden colaborar y avanzar juntos por el camino de una ciencia abierta y compartida, los beneficios de ese esfuerzo no se quedan en unos cuantos laboratorios ni favorecen solo a una nación. Por el contrario, se extienden y alcanzan a la sociedad en su conjunto, mejorando la calidad de vida de millones de personas.

Hoy nos encontramos ante dos caminos muy distintos. Uno consiste en seguir desperdiciando talento, conocimiento y recursos en conflictos que solo generan destrucción. El otro implica levantar la mirada, dejar atrás divisiones innecesarias y apostar por la cooperación, el diálogo y el trabajo conjunto.

Como advirtió el presidente Dwight D. Eisenhower en su discurso Una oportunidad para la paz:

“Cada arma que se fabrica, cada barco de guerra que se bota, cada cohete que se dispara significan, en último sentido, un hurto a aquellos que tienen hambre y no son alimentados, a aquellos que tienen frío y no están vestidos”.

Usar la ciencia para el bienestar común no es solo una opción, sino una responsabilidad. El mensaje es sencillo y urgente: hacer ciencia para la vida, no para la guerra.

Referencias

- Executive Board, 41. (1968). Summary record of the ninth meeting, WHO Headquarters, Geneva, Saturday, 27 January 1968 at 9:30 a.m. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/144443>
- Vargha, D. (2018). Polio across the Iron Curtain: Hungary's Cold War with an epidemic. Cambridge University Press.
- Launius, R. D., & Hunley, J. D. (2022). An annotated bibliography of the Apollo program. DigiCat.
- Lellouch, D., & Michel, E. (2019). CERN and the history of international scientific cooperation. *Physics Today*, 72(5), 34–40.
- Llewellyn Smith, C. H. (2018). SESAME: A bright hope for the Middle East. *CERN Courier*, 58(6), 30–34.
- Berkman, P. A., Lang, M. A., Walton, D. W. H., & Young, O. R. (Eds.). (2011). *Science diplomacy: Antarctica, science, and the governance of international spaces*. Smithsonian Institution Scholarly Press.
- Klein, D. R., Carazo, M. P., Doelle, M., Bulmer, J., & Higham, A. (2017). *The Paris Agreement on climate change: Analysis and commentary*. Oxford University Press.
- Hare, B., & Woods, V. (2020). *Survival of the friendliest: Understanding our origins and rediscovering our common humanity*. Random House.
- Isaacson, W. (2007). *Einstein: His life and universe*. Simon & Schuster.
- Boulton, G. (2021). *Science as a global public good*. International Science Council.
-
- Dra. Victoria Edwina Campos García.** Su línea de investigación abarca genética evolutiva de poblaciones (contemporáneas y antiguas) y bioinformática, con aplicaciones en la salud humana y animal, y está adscrita al departamento de Física de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Email: vecamposg.mx@gmail.com
- Jorge Samuel León Magdaleno.** Doctorante en la División de Ciencias Biológicas e Ingeniería Ambiental de la King Abdullah University of Science and Technology (KAUST). Su investigación se centra en el modelado molecular de proteínas y en el diseño computacional de fármacos. Su trabajo aborda el desarrollo de vacunas y el estudio de los mecanismos moleculares de las fucosiltransferasas, con el objetivo de diseñar nuevos inhibidores con potencial terapéutico.
- Email: jorge.leonmagdaleno@kaust.edu.sa

LA CULTURA DE PAZ COMO HORIZONTE SOCIAL: DIÁLOGO CON LA DRA. MARÍA GABRIELA VILLAR GARCÍA

Alma Elisa Delgado
Coellar y Daniela
Velázquez Ruiz



1. Desde su formación en Estudios para la Paz y Humanidades, ¿cómo concibe usted el concepto de cultura para la paz y de qué manera este se traduce en acciones concretas dentro de la universidad pública, más allá de un marco discursivo o normativo?

Concibo la cultura para la paz como una construcción, social, histórica y educativa. En el contexto de la cultura, esta se refiere a todo aquello socialmente aprendido, a todos esos aspectos que se transmiten de generación en generación según el grupo al que se pertenece; por lo tanto, la paz está estructurada a partir de significados y símbolos que se recrean en el imaginario colectivo de los grupos sociales. Es una idea culturalmente preconcebida que hay que cambiar, y hay que hacer que se entienda su magnitud en el contexto global contemporáneo.

En términos generales, construir paz implica implementar acciones que permitan modificar conductas, actitudes y formas de pensamiento en un contexto de violencias, lo que supone transformar y prevenir las causas que detonan conflictos y también derivan en violencias. Esta idea rebasa la noción de que la paz se limita a la resolución de conflictos armados. La cultura de paz se entiende como un ejercicio multidisciplinario que reconoce el aporte de cada campo del conocimiento para intervenir también en los conflictos de la vida cotidiana, por lo tanto, no se agota en la enunciación normativa ni en el discurso

institucional, sino que se verifica —o se desmiente— en las formas como nos relacionamos cotidianamente, como interactuamos con quienes nos rodean y como resolvemos desde este contexto los conflictos que se nos van presentando en la convivencia social. En esta perspectiva, el punto de partida es asumir que la paz no equivale a la inexistencia de conflicto, sino a la capacidad de resolver o responder sin violencia y de reorganizar las condiciones culturales que nos impiden observar los conflictos como algo que podemos modificar si entendemos su raíz. Es aquí donde hay una premisa importante: si sabemos que la cultura o lo cultural puede cambiarse, entonces las raíces culturales de las violencias, incluidas las simbólicas, pueden cambiarse; por ejemplo, la noción de patriarcado. Por ello, pensar la paz exige interrogar las bases de la violencia cultural y simbólica que se naturaliza en discursos, imágenes, hábitos y jerarquías, particularmente cuando dichos dispositivos recaen sobre poblaciones vulnerables o vulneradas. Desde los estudios sobre la paz, la cultura se entiende como un proceso de enculturación: un entramado de símbolos y prácticas socialmente transmitidos que se aprende se reproduce y, objetivamente, puede transformarse. En consecuencia, la universidad pública, en tanto institución formadora y productora de sentido, tiene una responsabilidad estratégica: intervenir en los repertorios culturales que sostienen la violencia y producir mediaciones pedagógicas, comunicativas y organizacionales que habiliten la convivencia, la dignidad y la justicia social.

2. Usted ha desarrollado una trayectoria que articula la investigación académica, el trabajo colegiado en el cuerpo académico de Diseño Social y la gestión institucional desde la rectoría. ¿Cómo dialogan estas tres dimensiones en la construcción de programas estratégicos de cultura para la paz en la universidad?

Desde mi formación en Diseño y Estudios para la Paz y desde una trayectoria en el campo del diseño de la comunicación, creo que la Universidad debe traducir el horizonte de la cultura de paz en acciones verificables en distintas escalas interdependientes: el currículo, la gestión institucional, la vida cotidiana universitaria y la proyección social. En todas, pero principalmente en el currículo, hay grandes resistencias. En el plano curricular, la educación para la paz no puede permanecer como tema marginal o como actividad extraordinaria, observamos los últimos acontecimientos en nuestro país y no podemos dejar de insistir o no puedo dejar de insistir en que la educación para la paz es un eje transversal en todos los sentidos y requiere ser asumida, por tanto, como parte evaluable del aprendizaje: valores, habilidades y disposiciones para el diálogo, la no violencia, el reconocimiento del otro y la corresponsabilidad, desde los ejercicios o proyectos más cotidianos en donde se incorpore una perspectiva de derechos humanos y se conciba la paz como derecho humano también, incluso como una cuestión de supervivencia humana.

Incluir en el currículo, desde la pertinencia de la investigación y el trabajo colegiado de manera creativa, la educación para la paz es un reto que tiene la Universidad como institución o instituciones. Las universidades son un laboratorio social, por tanto, su fortaleza para cambiar o apostar por una cultura de paz es relevante. Se puede lograr mucho. Los diagnósticos disponibles en distintas universidades muestran que, con frecuencia, las instituciones implementan esfuerzos importantes, pero estos no han sido prioritarios. De ahí la relevancia de impulsar una transversalidad con estructura, metas y seguimiento, capaz de incidir en la formación de ciudadanía participativa y en el fortalecimiento de las condiciones de convivencia dentro y fuera de las instituciones educativas.

En el plano de la gestión, la cultura de paz se construye mediante estrategias institucionales que sostienen prácticas. Esto implica crear y consolidar mecanismos de mediación y atención, rutas de acompañamiento y espacios de deliberación que operen en la vida universitaria. A la par, supone comprender que la paz en el ámbito universitario también se juega en el ecosistema comunicativo: en cómo se informa, se representa, se nombra y se escucha o se invisibiliza, se discrimina, se excluye. La comunicación —y aquí el diseño resulta decisivo— puede reproducir estigmas y exclusiones o bien habilitar el derecho a la interlocución, promover el reconocimiento y abrir lenguajes para tramitar el desacuerdo sin anular al otro. Por ello, comunicar y gestionar para la paz no se reduce a campañas; se entiende como una

orientación ética y metodológica para diseñar mensajes, entornos y experiencias que cuestionen la violencia cultural y simbólica y propongan alternativas de sentido que rompan ciclos de discriminación.

En este marco la investigación académica, trabajo colegiado y gestión institucional como un ciclo de construcción estratégica es relevante. La investigación aporta diagnósticos y problematizaciones: permite identificar cómo se produce la violencia en el plano cultural, cómo operan los medios y las imágenes en la naturalización de prácticas dañinas, y qué grietas existen para intervenir desde el diseño y las humanidades. El trabajo colegiado, en un cuerpo académico orientado al diseño social, convierte esos hallazgos en metodologías, prototipos, productos, textos y experiencias formativas: no solo estudia la paz, sino que ensaya dispositivos comunicativos y pedagógicos para hacerla practicable. La gestión institucional, finalmente, vuelve posible lo anterior: asigna recursos, formaliza rutas, articula dependencias y garantiza la continuidad más allá de las coyunturas. Así, las tres dimensiones dialogan cuando quienes dirigen no reemplazan la investigación, sino que la institucionalizan; cuando el trabajo colegiado no opera de forma aislada, sino como motor de implementación; y cuando la investigación no se queda en el diagnóstico, sino que se traduce en el diseño de intervención.

3. En su experiencia, ¿cuál es el papel específico que desempeñan las humanidades, las artes y el

diseño en la construcción de cultura para la paz, en comparación con otros enfoques más tradicionales vinculados a la seguridad, la normatividad o la resolución de conflictos?

El papel específico de las humanidades, las artes y el diseño es insustituible. Frente a enfoques centrados en la seguridad, la normatividad o la resolución de conflictos, estas áreas actúan sobre el estrato en el que las violencias se vuelven tolerables: el de los símbolos y las narrativas (violencias simbólicas). Las humanidades aportan lectura crítica, historicidad, ética pública y capacidades deliberativas; las artes abren experiencias sensibles que habilitan la empatía y la imaginación; y el diseño opera como mediación entre contextos y públicos, transformando lenguajes, representaciones y prácticas comunicativas. En suma, si la violencia cultural y simbólica se transmite a través de imágenes y relatos, es ahí donde el diseño, las artes y las humanidades pueden desmontar su eficacia y construir nuevos repertorios de convivencia.

Planteo que el papel específico de las humanidades, las artes y el diseño en la construcción de cultura para la paz consiste en actuar en los niveles cultural y simbólico donde se forman y se normalizan las violencias. A diferencia de los enfoques más tradicionales —centrados en la seguridad, la normatividad o la resolución procedimental del conflicto—.

Desde esta perspectiva, las humanidades aportan herramientas para comprender la estrecha relación entre lenguaje y cultura, así como los mecanismos mediante los cuales una sociedad transmite valores, visiones del mundo y formas de relación. Esto permite identificar como opera la violencia simbólica y como ciertas desigualdades o exclusiones llegan a asumirse como “naturales” a través del poder de los discursos y de los marcos interpretativos dominantes. Las artes, por su parte, activan una dimensión creativa, sensible y poética que abre posibilidades de relectura y resignificación: cuestionan lo dado, desautomatizar percepciones y contribuyen a generar disposiciones empáticas y no violentas en la convivencia.

El diseño —especialmente el diseño de la comunicación— se entiende como una mediación estratégica porque trabaja directamente con signos y símbolos que influyen en la forma en que las personas perciben su entorno y, por tanto, en como actúan y se relacionan. Su contribución a la cultura de paz consiste en “poner en común” significados para impulsar cambios culturales y promover formas de comunicación eficaces que no recurren a la violencia como recurso. En ese marco, el diseño orientado a la paz busca reemplazar la violencia cultural y simbólica por el poder comunicativo y por acciones que favorezcan la justicia social, la equidad y la convivencia, incorporando además una perspectiva de derechos humanos que reconozca la interlocución y la dignidad de los grupos en situación de vulnerabilidad.

4. Entre 2022 y 2025, usted ha impulsado la colección editorial de Cultura para la Paz, con un enfoque interdisciplinario. ¿Qué significado tiene la producción académica y editorial como herramienta para consolidar la cultura de la paz en las instituciones de educación superior y proyectarla socialmente más allá de las aulas?

La producción académica y editorial se asume como una infraestructura de institucionalización relevante, porque da cuenta de la generación de conocimiento en el área y de los avances como comunidad crítica en el tema. La colección editorial orientada a Cultura para la Paz, con énfasis interdisciplinario, tiene valor porque fija marcos comunes, consolida la memoria institucional y proyecta socialmente el trabajo universitario. Publicar no es solo difundir; es estabilizar conceptos, metodologías y experiencias que permiten la continuidad, la formación de capacidades y la apropiación social del enfoque, en este caso, el de la cultura de paz como una acción institucional de gran importancia. En una obra colectiva que articula humanidades, artes y diseño, la universidad reconoce que la cultura de paz no se construye desde una sola disciplina, sino a partir de la convergencia de miradas capaces de intervenir tanto en la comprensión del conflicto como en sus mediaciones culturales.

5. Desde su perspectiva, ¿por qué es fundamental que la cultura para la paz se asuma como un programa institucional transversal, presente tanto en la gestión universitaria como en los planes de estudio, en las prácticas docentes y en la investigación, y no únicamente como una iniciativa aislada o de corto plazo?

Sostengo que la cultura de la paz debe asumirse como programa institucional transversal, porque su objeto no es una actividad puntual, sino un modo de habitar la universidad y de su vínculo con la sociedad. Los retos para las universidades públicas mexicanas y latinoamericanas son claros: evitar la fragmentación de acciones aisladas, enfrentar la naturalización de las violencias simbólicas y sostener procesos formativos de largo alcance, con evaluación y recursos. La oportunidad, a la vez, es enorme: la universidad posee el capital intelectual, ético y creativo para articular modelos de transversalidad, generar dispositivos de mediación, formar comunidades dialógicas y producir una comunicación responsable. Hay que asumir una lógica de doble anclaje: rigor conceptual e implementación verificable. Es decir: diagnosticar, diseñar, institucionalizar, evaluar y publicar; sostener la paz como práctica cotidiana y como horizonte de formación, para que deje de ser un ideal enunciado y se convierta en una realidad construida colectivamente. Ese es uno de los retos de la Universidad en el contexto de la cultura de paz.

6. ¿Qué retos y oportunidades identifica hoy para las universidades públicas mexicanas —y latinoamericanas— en la consolidación de programas de cultura para la paz, y qué recomendaciones daría a las comunidades académicas interesadas en impulsar este tipo de proyectos desde las humanidades, las artes y el diseño?

Esta pregunta es una conclusión de todas las anteriores, por lo que puedo decir que: diseñar y consolidar programas de cultura para la paz en las universidades públicas mexicanas y latinoamericanas implica reconocer que la paz, se construye en la vida cotidiana institucional: en las formas de relacionarnos, de convivir —vivir-con—, en las decisiones de gestión, en las prácticas docentes y en el sistema comunicativo que nombra, visibiliza o excluye o estigmatiza. Desde esta comprensión, los retos actuales se ubican tanto en el plano estructural como en el cultural. Persiste una fuerte resistencia a incorporar la educación para la paz en el currículo como eje transversal evaluable y no como actividad extraordinaria; a ello se suma que, aun cuando existen esfuerzos relevantes, con frecuencia no han sido prioritarios ni se articulan en modelos con metas, seguimiento e impacto sostenido. En paralelo, se mantiene la naturalización de violencias culturales y simbólicas —por ejemplo, aquellas asociadas a jerarquías históricas y a estructuras como el patriarcado— que ope-

ran a través de discursos, imágenes, hábitos y dinámicas de poder que pueden invisibilizar, discriminar o excluir dentro de la propia comunidad universitaria. En este contexto, la cultura de paz enfrenta un desafío decisivo: pasar de la intención a la implementación verificable, con recursos, rutas institucionales y mecanismos que sostengan prácticas y no solo enunciados.

Al mismo tiempo, las universidades públicas cuentan con oportunidades estratégicas para replicar en otros ámbitos sociales. Son, por definición, un laboratorio social: espacios donde convergen la pluralidad, el conflicto, la producción de conocimiento y la formación ciudadana. Poseen capital intelectual, ético y creativo para traducir la cultura de paz en diseños curriculares, metodologías, dispositivos pedagógicos y políticas institucionales que transformen las causas —no solo los síntomas— de la violencia. Además, al integrar humanidades, artes y diseño, la universidad puede intervenir en el estrato en el que la violencia se vuelve tolerable: el de los significados y las narrativas. Las humanidades aportan lectura crítica, historicidad y ética pública; las artes abren experiencia sensible, empatía e imaginación; y el diseño, como mediación, permite “poner en común” signos y símbolos para reconfigurar representaciones y prácticas comunicativas, promoviendo la justicia social, la equidad y la convivencia. Esta convergencia ofrece una vía clara para incidir tanto en los espacios universitarios como en la proyección social de la universidad.

Con base en lo anterior, las recomendaciones para comunidades académicas interesadas en impulsar proyectos de cultura de paz desde humanidades, artes y diseño pueden sintetizarse en una lógica que implica: realizar diagnósticos situados sobre conflictos, violencias simbólicas y dinámicas de exclusión; diseñar intervenciones pedagógicas, comunicativas y organizacionales con enfoque de derechos humanos y reconocimiento de la interlocución, especialmente de grupos en situación de vulnerabilidad; institucionalizar mediante estructuras de gestión que sostengan prácticas (mecanismos de mediación y atención, rutas de acompañamiento, espacios de deliberación, y articulación interdependiente entre currículo, gestión, vida cotidiana y vinculación); evaluar con metas, indicadores y seguimiento para evitar acciones dispersas o de corto plazo; y publicar y socializar resultados para consolidar memoria institucional, continuidad y apropiación social del enfoque. En suma, el reto es sostener la paz como práctica cotidiana y horizonte formativo permanente, para que deje de ser un ideal enunciado y se convierta en una realidad construida colectivamente desde la universidad pública.

Son muchos los retos que enfrenta la universidad pública, pero en materia de educación para la paz y cultura de paz, el camino hacia la paz es una de las respuestas.



Dra. María Gabriella Villar García. Profesora investigadora de tiempo completo en la FAD de la UAEM. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, con Perfil deseable PROMEP (SEP). Doctora en Ciencias Sociales, Maestra en Estudios para la Paz y el Desarrollo con énfasis en comunicación, Licenciada en Diseño Gráfico con Especialidad en Publicidad. La línea de investigación que trabaja estudia y analiza la imagen desde su contexto socio-cultural, en el diseño y la construcción social de identidades desde la diversidad cultural para el desarrollo social. Ha participado en diversas publicaciones nacionales e internacionales, así como la impartición de conferencias en ambos ámbitos.



SIAYD
SEMINARIO
INTERDISCIPLINARIO
DE ARTE y DISEÑO

OPEN  ACCESS

COLECCIÓN




Escanéame

Colección: Construyendo una Cultura de Paz desde las Humanidades, las Artes y el Diseño

María de las Mercedes Portilla Luján
Alma Elisa Delgado Coellar
Daniela Velázquez Ruiz
[Coordinadoras]

Disponible:
<https://masam.cuautitlan.unam.mx/seminarioarteydiseno/publicaciones/>

HOMENAJE DE AMIGOS AL URUGUAYO MÁS MEXICANO:

DR. JORGE LUIS TÓRTORA PÉREZ



Con cariño para
Beti Agratti,
Sebastián,
Emiliano y
Nicolás



Resumen

PaCiencia Pa'Todos rinde homenaje al Dr. Jorge Luis Tórtora Pérez destacando, más allá de su brillante trayectoria en las ciencias veterinarias, su profunda calidad humana. Uruguayo de nacimiento y mexicano por convicción, fue un académico apasionado, crítico y comprometido con la FES Cuautitlán de la UNAM. Amigos y colegas evocan su liderazgo firme y entusiasta, su amor por la docencia, su impulso a proyectos académicos y su defensa del rigor profesional. Gran anfitrión y conversador incansable, combinaba humor ácido, honestidad directa y afecto genuino. Formador de generaciones, promotor del trabajo multidisciplinario y compañero leal, dejó huella en estudiantes, colegas y amigos. Su legado permanece vivo en la comunidad que lo recuerda con gratitud, admiración y cariño.

PaCiencia Pa'Todos se suma al homenaje que han realizado al Dr. Jorge Luis Tórtora Pérez. Estas semanas se ha hablado tanto de sus aportes a las ciencias veterinarias y de su gran trayectoria académica, pero aquí hablaremos de la parte humana, de aspectos que solo sus amigos pueden contar y compartir. Leamos algunas anécdotas de la vida de este gran profesor y amigo de tanta gente.

Jorge Tórtora, el Tecolutla boomer

Por **Rafael Fernández Flores**

Quizá todos pensemos que la época que nos ha tocado vivir es una época excepcional. Al menos así lo hacemos quienes nacimos en la década de los cincuenta del siglo pasado y formamos parte de la llamada generación de los "baby boomers". Nos tocó salir al mundo, recién terminada la Segunda Guerra Mundial, cuando se respiraba un anhelo de volver a vivir cabalmente, después de tantas muertes.

El ambiente que se vivía en los años '50 y '60 era de mucho entusiasmo, era un clima en el que se gestaron cambios como la píldora anticonceptiva y la liberación femenina, que presagiaban ya mutaciones como las que produjo el movimiento del '68 en Francia que repercutieron en otros países, como el nuestro.

En México, este aliento democratizador abrió las puertas a un cambio en las instituciones de enseñanza superior, que tuvieron que modernizar su forma de operar para atender las nuevas demandas sociales.

En particular, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) abrió planteles de educación superior fuera de su campus central en Ciudad Universitaria. En 1974 se abrió la primera de las entonces Escue-

las Nacionales de Estudios Profesionales, la ENEP Cuautitlán. Esa escuela y las otras cuatro que se abrirán en los siguientes dos años; en el 75 y en el 76, dieron a muchos jóvenes la oportunidad de integrarse a ellas

En esos años, llegamos a la FES C - lo digo en plural- muchachos con mucho entusiasmo, con muchas ganas de tomar la oportunidad que el destino nos estaba ofreciendo.

Entre esos jóvenes que llegamos estaba Juan Antonio Montaraz, quien más adelante sería director de la escuela. También estuvo Jorge Martínez Peniche, quien tuvo una carrera muy notable en la misma facultad. Estábamos yo y Jorge Tórtora.

Jorge Tórtora, a diferencia de los otros tres, no había nacido en México. Era uruguayo. Formaba parte de una corriente importante de inmigrantes talentosos, del Cono Sur, que se dio en los años setenta y ochenta del siglo XX. En particular, hacía espacios académicos.

Recuerdo muy bien la manera como establecí relación con cada uno de los tres académicos mencionados, los dos Jorges y Juan Antonio. Con Martínez Peniche, hablando de béisbol, con Juan Antonio, de ajedrez, mi primera imagen de Tórtora fue verlo pegando anuncios para una plática. Pensé; "somos bichos del mismo pelaje".

Cuando Jaime Keller fue director de la escuela, a mí me tocó ser secretario académico y compartir con los otros tres amigos, responsabilidades administrativas. Juan Antonio se hizo cargo del Posgrado e Investigación, Jorge Martínez Peniche de la administración del campo uno y Jorge Tórtora de la parte de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Como he escrito y he dicho en alguna otra parte, éramos unos jóvenes llenos de entusiasmo, de romanticismo, de ganas de transformar el mundo. Y el mundo más inmediato que teníamos a disposición, para intentar cambiarlo, era el de nuestra docencia y de nuestra actividad académica.

Dedicamos tiempos larguísimos, que nunca parecían suficientes, a discutir, analizar y planear los cambios que queríamos. Como no nos alcanzaba el día laboral, todavía lo hacíamos los fines de semana e incluso nos gustaba vacacionar juntos.

En esas vacaciones juntos también participaban nuestras familias: nuestras esposas y nuestros hijos. Así constituimos un bonito grupo al que llamamos el grupo Tecolutla, porque algunos de los viajes que realizamos los hicimos a esa playa.

También viajamos a Zacatecas en la época en que todavía había trenes a esa ciudad. Recuerdo el viaje, cenando en el vagón restaurante, discutiendo, como siempre, apasionadamente, antes de irnos a dormir a nuestros camarotes.

Cualquiera que nos hubiera oído, habría pensado que se iba a romper una amistad de años, pero ¡no!

Al día siguiente, como si nada hubiera pasado, todos éramos tan amigos, como siempre. Todos teníamos distintos puntos de vista, todos los defendíamos con mucho encono, con mucho ardor y con mucho cariño, pero terminada la discusión, simplemente dábamos vuelta a la hoja y se hacía alguna de las cosas de las que habíamos hablado.

Seguíamos empeñados en mantener abierta una escuela a la que le teníamos mucho amor. Así recuerdo yo a Jorge Tórtora en aquellos primeros años: ¡Apasionado y comprometido!

Después, el tiempo nos quitó lo joven, pero no lo apasionado. Cada uno fue siguiendo su camino: Juan Antonio ya está jubilado, aunque siguió hasta el final en la FES Cuautitlán, al igual que Jorge Tórtora, Jorge Martínez Peniche, regresó a la Facultad de Química, y yo regresé también a Ciudad Universitaria, a la DGTIC.

Pero el destino no descansa. Nos tenía preparado un reencuentro entre los cuatro. Ocurrió el año pasado, con motivo de la ceremonia de despedida de Juan Antonio Montaraz. Ahí repetimos la foto que nos habíamos tomado en Zacatecas, varios años antes.....



Jorge Tórtora, mi amigo

Por **Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz**

Indudablemente, la amistad es un vínculo voluntario basado en la confianza, el apoyo mutuo y la afinidad entre personas que comparten intereses, valores y experiencias y siempre con la preocupación genuina por el bienestar del otro.

Esa definición fue constante durante los 48 días de convivencia con Jorge Tórtora y su respetable familia. Son incontables las anécdotas que tuve la fortuna de tener con mi entrañable amigo, comparto solo algunas.



El inicio.

Fue en 1978 cuando el destino nos puso en contacto, Jorge llegaba a la entonces ENEP Cuautitlán y yo concluyendo mi tesis de licenciatura en el Laboratorio de Parasitología, ubicado en la hoy Unidad de Investigación Carlos Pijoan en Campo Uno. Asumo que hacía un recorrido por las instalaciones, no recuerdo con quién acudía; yo procesaba muestras. Nuestro primer encuentro verbal fue sobre lo que estaba trabajando, en ese momento conocí su modo de cuestionar, su gran conocimiento de la veterinaria, su capacidad analítica, así como su agudo, sincero y directo modo de hablar, palabras más o palabras menos, me dijo que mi trabajo sobre el parásito *Thysanosoma actinioides* era irrelevante, un agente poco frecuente y casi nulo impacto sobre la salud y producción animal, el tiempo le dio la razón a Jorge y como él decía, poco después enderecé el camino, además, tanto yo, como los que profesores e investigadores de la parasitología, recibimos el mote de cacólogos.



concluir con coincidencias; era el objetivo de excelentes intercambios de ideas que teníamos acerca de nuestra nación.

Recorrió prácticamente todas las entidades federativas de nuestro país, siempre con un sentido analítico de su historia, de sus razones y sinrazones religiosas, de la idiosincrasia de su gente y de su realidad actual. Como pocos, incluidos los mexicanos, conoció y disfrutó de su segunda patria. Con orgullo afirmaba, *soy un mexicano nacido en Montevideo, Uruguay*.

El uruguayo más mexicano:

Jorge Tórtora era un gran conocedor de la historia mexicana, desde sus diversas culturas prehispánicas hasta la razón y el contexto de la conquista, la época colonial, los diversos movimientos políticos y sociales, como la independencia, la reforma y la revolución, y también del México contemporáneo. Conversar para un análisis crítico y discutir para entender los motivos, nos permitía

Un veterinario que no realiza necropsias debe “correrlo”

En muchísimas ocasiones compartí con Jorge la impartición de conferencias y cursos de capacitación para estudiantes, colegas veterinarios y productores de pequeños rumiantes. Él abordaba los temas de enfermedades bacterianas, virales y metabólicas, yo, los problemas parasitarios; se generaban buenas discusiones con los asistentes y, en

ocasiones, dábamos la apariencia de que nos peleábamos, sin embargo, intercambiábamos puntos de vista diferentes, que al final concluían amistosamente y con coincidencias; el público constataba el gran respeto que nos teníamos y la gran amistad, sin lugar a duda.



Fueron tantos los eventos académico-científicos donde participamos, que él y yo nos sabíamos de memoria lo que diríamos, incluyendo los *chistoretas* que con gusto compartíamos y nos apropiamos. Un dicho muy común que tenía Jorge, en especial dirigido a los productores pecuarios, era que si un veterinario no hacía necropsias para llegar a un diagnóstico, debería correrlo, con énfasis en esa herramienta médica y en el conocimiento de la patología para identificar los problemas prevalecientes en algún rebaño.

Gran anfitrión

Visitar a la familia Tórtora-Agratti en la *Milpa Negra* en Jilotepec, Estado de México, siempre fue motivo de momentos muy alegres, de gran convivencia con ellos o con otros invitados. Desde antes de llegar, se percibía el olor a leña quemada, signo inequívoco de que nos recibirían con un delicioso asado uruguayo y, efectivamente, aparecía Jorge para recibirnos con su ropa llena de hollín y un *caballito* con su mejor tequila o mezcal. Después venía la comida, con carne deliciosa y alguna pasta o ensalada preparada por Bety o Sebastián, acompañada de un buen vino, muchas veces tannat uruguayo, de sabor fuerte, de tono oscuro y gran cuerpo. Las conversaciones fueron muy variadas, desde las culturas uruguayas y mexicanas, pasando por asuntos de la Facultad, de la UNAM y del país. La presencia de Emiliano Tórtora daba un sentido muy especial a las reuniones, por su gran sentido del humor y el desenfado de su lenguaje y expresiones. Ahora, con Nicolás, su nieto, con un aire de fresca e inocencia, será otro fiel heredero de tan bella familia. Inolvidables momentos.

Ahora padecemos la ausencia de Jorgito o Tortorita, como yo le decía, su familia extrañará su presencia y la FES Cuautitlán pierde a un excelente profesor e investigador; el gremio, a un gran profesionista comprometido con los estudiantes, colegas y productores. Deja un gran vacío, lo llenaremos con su recuerdo. Descanse en paz.

¿Quién fue Jorge Tórtora?

Por Paola Edith Briseño Lugo

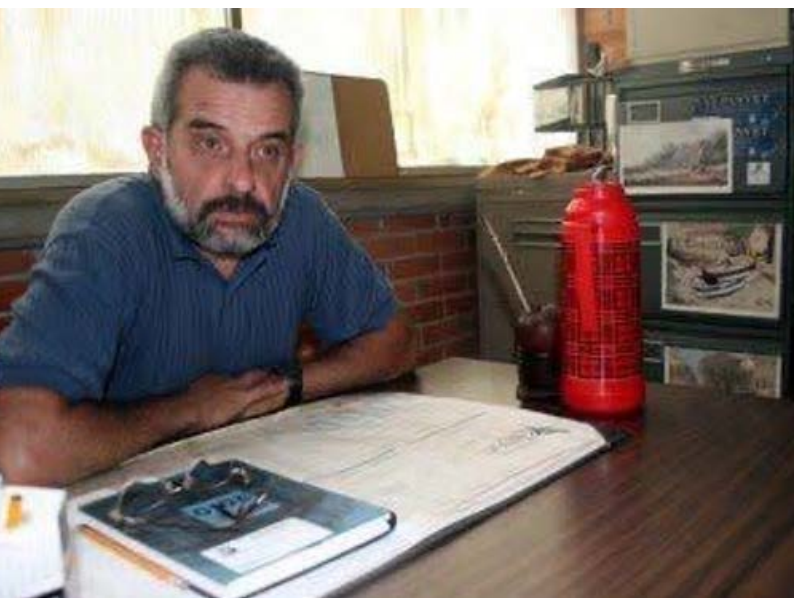
Es una pregunta que no es fácil de responder; acuden a mi mente palabras como calidez, respeto, amistad, guía ... Sin duda, una de las personas que siempre recordaré con mucho cariño. Todo comenzó con un gran día en el que, siendo yo una estudiante recién llegada a la FES Cuautitlán, me inscribí en una clase de inglés y allí conocí a una persona que cambiaría mi paso por la Facultad de manera irreversible. Mi profesora ese semestre sería Beatriz Graciela Agratti Zapata, aunque mi amistad con ella se vio amenazada a los 10 minutos de la primera clase cuando le pregunté si era originaria de Argentina, y ella, con cara muy seria, me dijo: "Hasta acá llegó nuestra amistad; sobrevivió unos minutos nada más" ...reímos y supe que había encontrado a alguien muy especial.

La amistad, con el tiempo nos llevó a conocer a nuestras familias, recuerdo muy bien esa tarde, camino a "la granja" por primera vez, hace muchos años, me decía Beti, "hoy vas a conocer al consorte, pero no te asustes eh, habla golpeado, pero es buena gente..." Cuando llegamos, me recibió un olor envolvente, a carne, a café y a leña. Allí, al fondo, enmarcada entre macetas y cactus, estaba una figura que, sin saberlo, yo ya conocía del campo 4. En los pasillos me lo había encontrado de prisa, con el termo, el mate y la inseparable bata, incapaz de permanecer planchada, rodeado de alumnos. Lo reconocí, pero no sabía cuál era su nombre hasta ese día.

Unos minutos bastaron para que me hiciera examen de fisiología, bioquímica, microbiología y hasta de lógica, así era él, mente ágil, risa inteligente, ojos brillantes e inquietos, como los de un niño travieso, tenía la ironía a flor de piel. Lejos de asustarme, hicimos "click", me sentí "en casa", en ese paisito de uruguayos lindos. Estaban allí también Emiliano y Sebastián, éramos muy jóvenes, bromistas, inquietos, burlones y risueños, fue una linda tarde. Tuve la fortuna de que se repitiera, de poder platicar en muchas ocasiones con "el Doc. Tórtora", de apreciar su mente ágil, sus opiniones fuertes y a veces controvertidas, de sentir esa calidez diferente que tantas veces me brindó y que te hacía reflexionar, lo quisieras o no.

Luego me fui a la maestría. Un día, platicando sobre vacunas, me dijo: "Bueno, termina; luego me vuelves a decir esto que me dices y ahora sí ya te voy a creer porque ya fuiste con los que sí saben de inmunología". Estallé de risa, pero me guardé ese tierno halago en el corazón.

Recuerdo también un día, ya de regreso del posgrado, en el que llegué al campo 4, nerviosa, preocupada, sin saber qué esperar de un cambio profesional muy grande que acababa de emprender, me saludó, me abrazó y me dijo, "ya me enteré de que aceptaste, espero que, aunque te arrepientas, te tardes mucho, disfrútalo y ya", fue como la palmadita en la espalda que necesitaba para entrar en esa oficina con confianza, con la confianza de que no iba sola. Así eran su generosidad y su cariño, un poquito brutal, pero si sabías buscar bien, entre líneas había ternura mezclada con un reto, el de estar a la altura.



Nos tocaba recoger medallas de trayectoria académica juntos, dos veces tuve el honor de coincidir con él en ese evento y un poco por travesura y mucho por cariño, me gustaba gritarle desde el fondo cuando él pasaba al frente, me gustaba que se apenaba por mis gritos “de loca”, me decía, pero estoy segura de que sabía que eran principalmente de admiración. Una admiración que creció con los años, que reposó con vino, con pláticas de sobremesa, con regaños luego de alguna comilona compartida, porque no me defiendo, porque no me sé callar o porque me ganaba la paranoia.

Recuerdo también una vez en la que le dije que estaba pensando hacer mi doctorado, que me gustaría que fuera con él y me dijo “yo creo que debes buscar a alguien que te dirija la tesis en el área que tú quieres (inmunología), yo creo así como va la cosa, me la vas a dirigir tu a mí y perdón pero yo no estoy de acuerdo y no quiero participar”, entre bromas admiré también esa forma de decir las cosas que parecía un golpe de mazo pero

que tenía siempre el trasfondo de la honestidad y la claridad, tan poco apreciada por algunas personas por su falta de suavidad.

Hubo muchos consejos generosos del Dr. Tórtora, siempre disfrazados de regaño, que sabían hacerme reflexionar y que me ayudaron, sin duda a comprender cosas que él, por su gran experiencia en el campo, en la academia, en la vida y con la gente a nuestro alrededor, sabía mucho mejor.

Sin duda alguna, conservaré esos momentos en mi memoria porque, como dijo Betholdt Bretsch, los hombres que luchan toda la vida son imprescindibles; así era el Dr. Jorge Tórtora y yo tuve la fortuna de conocer en él un ejemplo de académico, investigador y, sobre todo, amigo.

El compañero, colaborador y amigo Tórtora

Por **Raquel López Arellano**

Nuestro querido amigo, compañero y colaborador deja en nuestra comunidad un legado científico, docente y humano imposible de reemplazar. Impulsor de la Farmacia Veterinaria en la FES Cuautitlán y de la formación del grupo multidisciplinario entre QFBs y veterinarios. Trabajo de integración con las secciones de Tecnología Farmacéutica, Química analítica y del grupo del Dr. Jorge Tórtora.

Pero más allá de sus incontables aportaciones técnicas y académicas, Jorge Luis



Tortora fue ante todo un colega generoso, un investigador apasionado y un ser humano profundamente comprometido con la formación de nuevas generaciones. Su entusiasmo, su apertura intelectual y su inquebrantable ética profesional marcaron a todos quienes tuvimos el honor de trabajar con él.

Su partida deja un vacío inmenso, pero también un legado sólido que seguirá vivo en cada proyecto, cada estudiante y cada idea que nació bajo su guía.

Descanse en paz, el Dr. Jorge Luis Tortora Pérez. Su trabajo, su ejemplo y su amistad permanecerán siempre con nosotros.

Más allá del veterinario... el ser humano

Por **Ma. Andrea Trejo Márquez**

Hablar de Jorge Tórtora es hablar inevitablemente de excelencia académica. Fue un veterinario brillante, un investigador sólido y un docente que dejó huella en generaciones

enteras. Sus aportes a la medicina veterinaria y a las ciencias agropecuarias permanecerán como parte de su legado profesional. Pero si algo quiero recordar hoy, más allá de sus logros, es su calidad humana.

Cuando asumió por segunda ocasión la Jefatura de la División de Ciencias Agropecuarias, pudo haberse concentrado únicamente en los asuntos administrativos y en los indicadores académicos. Sin embargo, Jorge no era un hombre de miradas estrechas. Me invitó a participar en la construcción del proyecto de la Maestría y del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias. Durante casi un año trabajamos intensamente junto con Margarita Tadeo y Alejandro Espinosa. Fue un proceso demandante, de largas reuniones y revisiones minuciosas, pero él lograba algo extraordinario: lideraba con firmeza, presionaba cuando era necesario, exigía calidad... y, al mismo tiempo, hacía que el trabajo fuera ligero, incluso divertido. Siempre atento a los avances, pendiente de cada detalle, marcaba el ritmo con una mezcla de disciplina y buen humor. Tenía ese humor ácido tan suyo, inteligente y provocador. Le gustaba bromear con nuestro “grupo feminista” —Margarita, Beatriz Agrati y yo— cuando organizábamos las Jornadas de Mujeres en la Ciencia. Lo hacía con picardía, sabiendo que era parte del juego, que detrás de cada comentario había complicidad y respeto. Nunca hubo ofensa, solo esa forma tan particular de integrarse a las conversaciones desde la ironía afectuosa.

Desafortunadamente, el proyecto del posgrado en Ciencias Agroalimentarias no tuvo éxito, pero siempre pensé que su visión había sido tan acertada y que pocos entendieron esa iniciativa que el área de Alimentos requería.

También compartimos casi siete años en la Comisión de Superación Académica. Podrían haber sido reuniones formales, tensas o rígidas. Con Jorge, no. Eran espacios de trabajo serios, sí, pero siempre atravesados por risas, abrazos y una calidez que convertía lo institucional en humano. Tenía la capacidad de suavizar cualquier discusión, de encontrar el punto de encuentro y de recordarnos que, antes que académicos, éramos personas.



Pero no todo fue trabajo; también me tocó disfrutar “el rancho” con un extraordinario asado, unos vinos y, sin faltar, unos alfajores; un espacio tan gaucho, tan bello, y ahí el anfitrión siempre con polémicas conversaciones que uno nunca sabía si eran en serio o una simple provocación. Al final todos reíamos y el tiempo volaba.

Hoy su ausencia pesa. Pero más fuerte que la tristeza es la gratitud. Gratitud por haber trabajado a su lado, por haber aprendido de su liderazgo generoso, por haber compartido tantos momentos en los que el rigor y la risa convivían sin contradicción.

Se fue un gran investigador y un profesor admirable. Yo me quedo con el recuerdo de un amigo leal, un compañero entrañable y un ser humano profundamente cálido. Y ese recuerdo, más que cualquier currículum, es el que seguirá vivo entre nosotros.

LA PLANTA DE QUINA Y LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Alejandro Torres-Montúfar y Eduardo Lazcano-Flores



Resumen

La familia Rubiaceae, una de las más diversas del mundo vegetal, incluye especies de gran impacto cultural, económico y medicinal como el café y la quina. La *Cinchona officinalis*, originaria de los Andes, fue clave en la lucha contra la malaria gracias a la quinina, usada inicialmente por pueblos indígenas. En el siglo XIX, su aislamiento químico impulsó la farmacología moderna y una intensa explotación comercial. Durante la Segunda Guerra Mundial, la escasez de quinina tras la ocupación japonesa de Java generó una crisis sanitaria entre las tropas aliadas, lo que llevó a expediciones en Sudamérica y al desarrollo de antipalúdicos sintéticos. Aunque luego fue reemplazada por fármacos más accesibles, la quinina dejó un legado científico y estratégico, demostrando cómo una planta puede influir en la medicina, la economía y la historia global.

Introducción

La familia Rubiaceae, popularmente conocida como la familia del café, es una de las más diversas e importantes entre las plantas con flor. Reúne más de 14 000 especies distribuidas en alrededor de 580 géneros, con presencia en casi todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Razafimandimbison & Rydin, 2024). Esta familia incluye árboles, arbustos y hierbas que, aunque distintos en forma, comparten rasgos como hojas opuestas, flores con simetría radial y frutos variados, que pueden ser secos o carnosos.

Esta diversidad no solo es botánica; también lo es cultural. Desde tiempos antiguos, las especies de Rubiaceae han sido aprovechadas por diversas comunidades humanas, lo que demuestra la estrecha relación entre la biodiversidad y la sociedad. Sus usos son múltiples: alimenticios, medicinales, ornamentales, rituales y hasta simbólicos. En regiones tropicales, sus frutos y raíces forman parte de las dietas locales o de los remedios tradicionales. En otras, se valoran por su aroma, sus flores o su capacidad para atraer polinizadores. Así, la familia Rubiaceae encarna un puente entre la naturaleza y la vida cotidiana humana, donde la botánica se entrelaza con la historia, la cultura y la economía.

Uno de los ejemplos más conocidos es, por supuesto, el café (*Coffea arabica*), cuyo cultivo ha modelado economías enteras, ha configurado paisajes agrícolas y ha generado redes comerciales globales. El café no solo es una bebida: es un símbolo cultural que acompaña conversaciones, jornadas de trabajo y rituales sociales en todo el mundo. Pero esta familia va mucho más allá del grano tostado. Otras especies también han dejado huella: la Gardenia (*Gardenia jasminoides*), con sus flores fragantes, es esencial en la perfumería y la jardinería; mientras que la Chacrona (*Psychotria viridis*) tiene un papel central en la preparación de la ayahuasca, bebida sagrada de las culturas amazónicas con profundos significados espirituales (Malavika & Thenmozhi, 2023).

Sin embargo, quizá ningún representante de las Rubiaceae haya tenido un impacto tan decisivo en la historia mundial como el árbol de la Quina (*Cinchona officinalis*). De él se obtiene la quinina, un compuesto que cambió el rumbo de la medicina, de la exploración geográfica y hasta de las guerras.

El uso de la corteza de Quina tiene raíces profundas en los conocimientos tradicionales de los pueblos andinos. Mucho antes de que la ciencia europea la clasificara, ya era empleada por comunidades indígenas, como los quechuas, para aliviar la fiebre y los escalofríos (Crawford, 2016). Estos síntomas, que hoy sabemos corresponden al paludismo o malaria, eran combatidos con infusiones preparadas a partir de la corteza amarga del árbol. La enfermedad, provocada por protozoarios del género *Plasmodium* y transmitida por mosquitos del género *Anopheles*, causa fiebre intensa, sudoración, dolor de cabeza y, en casos graves, daños neurológicos o incluso la muerte (Konji, 2016).

La *Cinchona officinalis* fue descrita científicamente en 1753 por el botánico sueco Carl Linnaeus, quien la nombró en honor a la condesa de Chinchón, célebre por su curación con los “polvos de la condesa”. Se trata de un árbol de pequeño porte, con flores blancas a rosadas, hojas simples y corteza gruesa, que crece en los bosques montanos del norte de Perú y el sur de Ecuador (Figura 1). Su apariencia sencilla esconde un valor incalculable: la presencia de alcaloides quinolínicos, entre ellos la quinina, que actúan sobre los parásitos de la malaria.

El hallazgo de sus propiedades curativas transformó la medicina moderna. En 1820, los químicos franceses Pierre-Joseph Pelletier y Joseph Bienaimé Caventou aislaron la quinina pura a partir de la corteza (Pelletier & Caventou, 1820). Este avance marcó el inicio de la farmacología alcaloide y dio pie a una fiebre económica por controlar las fuentes naturales de Quina. Durante el siglo XIX, su explotación comercial se expandió por los Andes y, más tarde, por Asia, donde las potencias coloniales establecieron plantaciones masivas.



Figura 1. Rama con flores del árbol de quina y corteza de quina.

Hacia finales del siglo XIX, la quinina se había convertido en el único medicamento eficaz contra el paludismo, enfermedad que diezmaba a colonos, exploradores y ejércitos en regiones tropicales. Su control represen-

taba poder, tanto sanitario como político. Países como los Países Bajos desarrollaron grandes plantaciones en las Indias Orientales Holandesas, en particular en la isla de Java, donde la producción alcanzó niveles industriales. En 1939, ese territorio concentraba cerca del 90 % del mercado mundial de quinina (Shanks, 2024).

Cuando estalló la Segunda Guerra Mundial, la quina cobró una relevancia inesperada. En 1942, la ocupación japonesa de Java interrumpió el suministro mundial, dejando a los Aliados sin acceso al medicamento esencial. El problema se agravó cuando Alemania ocupó los Países Bajos en 1940, cortando las rutas comerciales y acaparando las reservas europeas (Russell, 1963).

Sin quinina, la malaria comenzó a propagarse con rapidez entre las tropas desplegadas en el Pacífico, Asia y África. Los informes militares revelan que las bajas por enfermedad superaban, en ocasiones, a las producidas por el combate directo. El clima húmedo, la abundancia de mosquitos y la falta de tratamientos provocaron verdaderas crisis sanitarias. El general Douglas MacArthur resumió la situación al declarar: "Será una guerra muy larga si por cada división que tengo frente al enemigo, tengo otra hospitalizada y otra recuperándose de esta terrible enfermedad" (Russell, 1963).

Las Misiones de la Quina

Ante esta emergencia, Estados Unidos y el Reino Unido organizaron entre 1942 y 1945 las Cinchona Missions (Misiones de la Quina),

proyectos de exploración, recolección y cultivo de la quina en los Andes sudamericanos. Estas misiones movilizaron a botánicos, farmacéuticos, agrónomos y hasta exploradores locales para localizar árboles silvestres, recolectar corteza y establecer plantaciones (Figura 2). Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia fueron escenarios de una intensa búsqueda del "árbol milagroso".



Figura 2. Mandos del Ejército de Estados Unidos de América supervisando plantaciones de Quina. Fotografía de dominio público disponible en Journal of Military and Veterans' Health tomada de Shanks (2024).

Las expediciones enfrentaron obstáculos enormes: terrenos montañosos inaccesibles, lluvias constantes, enfermedades tropicales y la compleja logística de transporte en regiones sin caminos. Aun así, recolectaron toneladas de corteza y enviaron semillas a laboratorios norteamericanos y británicos. Pero la producción resultó insuficiente para cubrir la demanda militar (Shanks, 2024).

Ante la escasez, los Aliados impulsaron el desarrollo de antipalúdicos sintéticos, como la mepacrina o *Atabrine*, fabricada masivamente en Estados Unidos. Si bien ayudó a contener la crisis, presentaba efectos secundarios desagradables, entre ellos náuseas, coloración amarillenta de la piel y malestar gastrointestinal. Paralelamente, el gobierno estadounidense promovió la investigación química para sintetizar la quinina de forma artificial. En 1944, los químicos Robert Woodward y William von Eggers Doering lograron sintetizarla en el laboratorio, un logro monumental en la historia de la química orgánica (Jovanović & Krajnović, 2023). Sin embargo, el proceso era tan complejo y costoso que no podía aplicarse a escala industrial.

La producción natural de Quina continuó siendo vital hasta el final de la guerra. En América del Sur, las exportaciones de corteza se multiplicaron y miles de trabajadores rurales participaron en su extracción, secado y transporte. En regiones como Loja (Ecuador) o Cajamarca (Perú), comunidades enteras vivieron del comercio de la “cascarilla”. Si bien generó ingresos temporales, también ocasionó deforestación, agotamiento de poblaciones silvestres y tensiones sociales, pues las empresas extranjeras controlaban los precios y el comercio.

A pesar de estas dificultades, el esfuerzo colectivo permitió mantener un flujo mínimo de quinina para los frentes de guerra. Se estima que el ejército estadounidense registró alrededor de 695 000 casos de malaria durante el conflicto, aunque las muertes se redujeron drásticamente gracias al uso combinado de fármacos, repelentes y medidas preventivas (Russell, 1963).

La historia de la quina durante la Segunda Guerra Mundial muestra cómo una simple planta puede influir en los grandes procesos de la humanidad. Su corteza, antes valorada solo en la medicina indígena, se convirtió en un recurso estratégico que movilizó a gobiernos, ejércitos y comunidades científicas. La crisis del suministro reveló la vulnerabilidad de la medicina frente a los conflictos globales, pero también impulsó la creación de la farmacología moderna y el auge de la química sintética aplicada a la salud.

Después de la guerra, la quinina fue reemplazada progresivamente por derivados más estables y de síntesis más sencilla, como la cloroquina. No obstante, su legado perdura. En muchas regiones tropicales, la quina sigue siendo un recurso terapéutico asequible y eficaz. Además, su historia inspira investigaciones actuales sobre compuestos naturales y sus posibles aplicaciones farmacológicas.

Más allá de su valor medicinal, la quina simboliza la unión entre la ciencia, la naturaleza y la humanidad. Representa la sabiduría ancestral que, al ser reconocida por la ciencia moderna, puede salvar millones de vidas. También recuerda los riesgos de la sobreexplotación y la necesidad de equilibrar el progreso con la conservación.

Hoy, en un mundo que enfrenta nuevas pandemias y amenazas sanitarias globales, la lección de la quina sigue vigente: la solución a muchos de nuestros problemas podría encontrarse aún en los bosques que no hemos terminado de conocer.

Referencias

- Crawford, M. (2016). *The Andean Wonder Drug: Cinchona Bark and Imperial Science in the Spanish Atlantic, 1630–1800*. University of Pittsburgh Press. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctt1f89t3p>
- Jovanović, A., & Krajnović, D. (2023). The developmental path of quinine: What can we learn from history?. *Acta Medica Medianae*, 62(2). DOI: <https://doi.org/10.5633/amm.2023.0208>
- Konji, S. M. (2016). An overview of the malaria epidemic in sub-Saharan Africa. *Interdisciplinary Journal of Health Sciences*, 6(1), 48-51. DOI: <https://doi.org/10.20381/ruor-323>
- Malavika, J., & Thenmozhi, K. (2023). A comprehensive review on the ethnopharmacological and therapeutic perspectives of psychoactive plants. *Kongunadu Research Journal*, 10(2), 48-52. DOI: <https://doi.org/10.26524/krj.2023.16>
- Pelletier, P. J., & Caventou, J. B. (1820). Suite des recherches chimiques sur les quinquinas. *Annales de Chimie et de Physique*, 15, 337–365.
- Razafimandimbison, S. G., & Rydin, C. (2024). Phylogeny and classification of the coffee family (Rubiaceae, Gentianales): Overview and outlook. *Taxon*, 73(3), 673-717. DOI: <https://doi.org/10.1002/tax.13167>
- Russell, P. F. (1963). Introduction (Chapter 1). En *Medical Department, United States Army. Preventive Medicine in World War II, Volume VI: Communicable Diseases: Malaria*. Washington, DC: Office of The Surgeon General, Department of the Army (U.S. Government Printing Office).
- Shanks, G. D. (2024). Antimalarial drug supply issues during the Second World War. *Journal of Military and Veterans Health*, 32(3), 34-37. DOI: <https://dois.org/doilink/05.2024-23793435/JMVH>
-
- Alejandro Torres-Montúfar.** Profesor en la carrera de Ingeniería Agrícola. Biólogo egresado de la Facultad Ciencias de la UNAM. Doctor en Ciencias Biológicas por el Instituto de Biología de la UNAM. Miembro del SNII, nivel 1. Ha publicado 30 artículos científicos en revistas indexadas y numerosos congresos nacionales e internacionales. Su línea de investigación es la taxonomía y sistemática molecular de la familia Rubiaceae, adscrito al Herbario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (Herbario-FESC) de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Email: montufar@comunidad.unam.mx
- Eduardo Lazcano Flores.** Biólogo egresado de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Ha participado en cuatro congresos, dos de ellos internacionales y tiene dos artículos científicos publicados. Sus intereses de investigación son la familia Rubiaceae y la etnobotánica.
- Email: eduardolazcanoflores@gmail.com

EN EL AMOR Y LA GUERRA...

NO TODO DEBERÍA VALERSE

Rafael Fernández Flores



Resumen

El texto reflexiona sobre la relación histórica entre ciencia y guerra, cuestionando la idea de que “en el amor y la guerra todo se vale”. A partir de las entrevistas de Oriana Fallaci, se señala que el rasgo distintivo de muchos líderes es su voluntad de poder, capaz de instrumentalizar el conocimiento científico con fines bélicos. Desde Arquímedes y Tartaglia hasta Galileo, Newton y Laplace, la artillería y las matemáticas han estado vinculadas. El desarrollo de la química permitió la producción industrial de explosivos, como la dinamita de Nobel y el amoníaco de Haber. En el siglo XX, la fisión nuclear condujo a la bomba atómica y al riesgo de un invierno nuclear, recordándonos los límites éticos de la ciencia.

El dicho popular que he seleccionado para dar título a este texto, alude a la “necesidad” de ganar a cualquier precio. Personalmente, no estoy a favor de eso; ni en el caso del amor, ni en el de la guerra, pero la ambición personal lleva, en ocasiones, a esos extremos.

La notable periodista italiana Oriana Fallaci, herida en los acontecimientos del movimiento estudiantil de México 68, publicó en su libro “Entrevista con la historia”^[1], las entrevistas que realizó, a finales del siglo pasado, a más de 70 líderes mundiales como Indira Gandhi, Hussein, Kissinger y Arafat.

En el prólogo de su libro, Fallaci dice que varias veces le han preguntado qué distingue

a los grandes líderes mundiales y aclara que, contra lo que pudiera parecer, no son más inteligentes que el resto de la humanidad. Los singulariza, dice, una voluntad de mandar por encima de todas las cosas.

Esa característica de los líderes conduce directamente a la tentación de usar el conocimiento, la inteligencia y la ciencia con el propósito de mandar. Es la historia de muchas guerras. Es, de alguna manera, la historia de la humanidad.

Es célebre la anécdota de Arquímedes, quien murió a manos de un soldado romano durante la toma de Siracusa^[2]. Es leyenda que, al ser asesinado por los soldados romanos, el científico realizaba cálculos con ayuda de los diagramas de unos círculos que había trazado en la arena y que pidió, antes de morir, que no se tocaran.

Arquímedes, durante esa guerra, había puesto su ingenio y sus conocimientos al servicio de la causa cartaginense. Se dice que construyó lentes para concentrar los rayos del sol y quemar los barcos enemigos, y grúas para volcarlos.

Historias como la del creador de la frase: “Denme un punto de apoyo y moveré el mundo”, en las que se narra la relación entre la guerra y la ciencia, no son poco frecuentes. George W. Gray, se ha ocupado del tema en un libro de 1944^[3].

Dice Gray: “Hay batallas silenciosas en las que no se escucha el estruendo de los cañones ni los gritos de guerra de los combatientes. Son las batallas libradas en los laboratorios, en los campos de experimentación y sobre los libros”.

Plática el autor de este libro, otro suceso interesante, ocurrido ya a las puertas del renacimiento. Es la historia del matemático Nicolò Tartaglia, cuyo nombre, asociado al de Cardano, se vincula a la solución de las ecuaciones de tercer y cuarto grado.

La historia que se cuenta en el libro de Gray dice que Tartaglia fue consultado, por un amigo suyo, de profesión artillero, acerca de si, mediante cálculos matemáticos, podría encontrarse la mejor manera de apuntar un cañón para que la bala tuviera el máximo alcance.

Tartaglia resolvió el problema, pero, por escrúpulos morales, decidió, en un principio, no difundir su hallazgo. Sin embargo, más tarde, cuando los sarracenos, en 1537, atacaron Italia, cambió de parecer.

Vale la pena precisar que hoy un estudiante de bachillerato, que conozca las ecuaciones del tiro parabólico, puede resolver ese problema. Pero no hay que olvidar que el estudio del movimiento uniformemente acelerado lo llevó a cabo Galileo, quien nació unos sesenta años después de Tartaglia.

Con Galileo —se acepta normalmente— nacieron la “ciencia moderna” y el método experimental. Sobre los hombros de Galileo se paró Newton, quien acuñó la frase: “Si he visto tan lejos es porque estaba parado sobre los hombros de gigantes”, justamente para dar crédito a sus antecesores, en la descripción que hizo del sistema del mundo, en sus célebres Principia^[4].

Siguiendo con la misma alegoría podemos decir que Laplace, quien entre 1799 y 1825 publicó los cinco tomos de su Mécani-

que Céleste^[5], se paró sobre los hombros del gigante Newton. Laplace fue una figura muy importante en la consolidación de la ciencia francesa mediante la creación de la Sociedad de Arcueil y su cercanía a Napoleón^[6].

En el artículo de la Wikipedia sobre la Sociedad de Arcueil se dice que “Laplace había sido examinador final de Bonaparte en la Ecole Militaire (septiembre de 1785)” y que “Las raíces del progreso activo de la Sociedad de Arcueil están relacionadas con la especial atención de Napoleón Bonaparte a las ciencias en general y —desde que fue oficial de artillería— a las matemáticas en particular”^[7].

Una vez más, el nexo entre la artillería y las matemáticas, presente en el vínculo entre la guerra y la ciencia.

Está bien documentada la figura controvertida de Laplace^[8], que le permitió mantenerse bien políticamente en todos los regímenes que se sucedieron en Francia desde antes de la Monarquía hasta la Restauración, pasando por la Revolución Francesa, el Imperio Napoleónico y la Restauración Borbónica.

Pero más allá de esas controversias, Laplace fue un científico que trabajó en muchas áreas del conocimiento científico, incluida la Química. Campo en el que colaboró con Lavoisier, guillotinado durante el periodo del terror, posterior a la Revolución Francesa. La Química era, en esas épocas, una ciencia en formación que empezaba a incorporar el método experimental, para volverse cuantitativa.

El desarrollo de la Química, como ciencia, fue importante para transitar de la producción empírica y artesanal de explosivos, como la pólvora, hacía su elaboración industrial.

Esa transición fue posible gracias al desarrollo de la teoría atómica de Dalton y al ordenamiento de los elementos químicos en una tabla periódica, realizado por Mendeléiev. Mendeléiev nació en 1834, siete años después de la muerte de Laplace. Y un año antes de que Mendeléiev, había nacido Alfred Nobel.

La historia de Nobel es bien conocida, pues legó su fortuna para instituir el premio que lleva su nombre. El dinero lo había obtenido de su trabajo como químico. Su aportación más conocida, en ese campo, fue lograr que la nitroglicerina, descubierta por Ascanio Sobrero unos años antes, pudiera manejarse de manera menos riesgosa. Para eso, la introdujo en cartuchos llenos de cierto tipo de arena, donde se absorbía. El explosivo resultante-la dinamita- era menos peligroso de manipular.

Paradójicamente, el premio Nobel de Química de 1918 lo obtuvo Fritz Haber por la síntesis del amoníaco, que llevó, por una parte, a la producción de fertilizantes y, por la otra, a... ¡La producción de explosivos!

Sobre Fritz Haber, dice George W. Gray, en el capítulo siete del libro ya citado, "La Ciencia en la Guerra": "El genio químico de la Primera Guerra Mundial fue el profesor Fritz Haber. Su procedimiento para la fijación del nitrógeno atmosférico, cuya importancia científica fue tal que le valió el Premio Nobel,

tuvo un valor decisivo para el poderío militar alemán en dicha guerra."

La química y la física siguieron desarrollándose en los primeros años del siglo XX hasta llevar a la fisión nuclear, poco antes del estallido de la Segunda Guerra Mundial. En esta parte de la relación entre la ciencia y la guerra aparece también otro galardonado con el premio Nobel: Otto Hahn.

Otto Hahn, junto con Lise Meitner, lograron en 1939 identificar los resultados de experimentos nucleares, como la fisión del núcleo atómico, Cabe a ella el mérito de haber sido la primera persona en identificarlo, aunque las injusticias de género la dejaron fuera del Premio Nobel de Química de 1944.

La historia de la fisión nuclear y del desarrollo de la bomba atómica está magistralmente narrada en el libro "Brighter Than a Thousand of Suns"^[9] de Robert Jungk.

En él se platica la tensa relación entre los científicos, comandados por Robert Oppenheimer, y el líder militar del Proyecto Manhattan, el general Groves. El proyecto concluye con el lanzamiento de las dos bombas atómicas sobre Japón, pese a que Alemania ya se había rendido.

Los conocimientos científicos necesarios para construir la bomba -no obstante, todas las precauciones para mantenerlos secretos- fueron siendo conocidos por varios otros países, en la posguerra. Lo cual hizo muy peligroso el desarrollo de nuevas generaciones de armas nucleares.

Esto eventualmente condujo a la firma de tratados de desarme nuclear, con las con-

siguientes dificultades que acarrea renunciar a la paradójica seguridad que brinda el uso de la fuerza.

Esa historia también está muy bien contada en el libro: *Histoire Secrète de la bombe atomique française*^[10], de André Bendjebbar. El libro, cuyo relato llega prácticamente hasta nuestros días, se ocupa ya de las posibles consecuencias de la guerra en Ucrania.

Acerca de lo que significaría una guerra nuclear, dice el autor, "Todas las simulaciones, las más serias y las más irrefutables, muestran que, si una guerra ruso-americana explotara y que los 150 millones de toneladas de polvo negro, de residuos y de hollín se proyectaran a la atmósfera, los mares y los océanos se enfriarían durante decenios, incluso durante siglos".

"Entonces, el invierno nuclear reinaría de una manera más terrible de la que lo hizo en la época del hielo del siglo XIII (...). Sí, el invierno reinaría, en particular en el hemisferio norte.

Podemos terminar este breve e incompleto recuento de episodios de guerra y ciencia con la misma frase que usé para darle título: En el amor y la guerra...no todo debería valerle.

Referencias

- [1] Fallaci, O. "Entrevista con la historia". Cult Boks 2024
- [2] Asimov, I "Enciclopedia Biográfica de Ciencia y Tecnología". Alianza Editorial 1982
- [3] Gray, G.W. "La Ciencia en la guerra". Editorial Nuevo Mundo 1944

- [4] Newton, I. "Mathematical Principles of natural philosophy and his system of the world" University of California Press 1971
- [5] Laplace, P.S. "Mécanique Céleste" Biblio-Bazaar. Charleston, Ca. (2009)
- [6] Maurice Crosland: "The Society of Arcueil -A view of French Science at the time of Napoleon I" Cambridge Mass.: Harvard University Press, 1967
- [7] https://es.wikipedia.org/wiki/Sociedad_de_Arcueil
- [8] Newman, J.R "Commentary on Pierre Simon de Laplace" dentro de "The world of Mathematics", Touchstone NY (1956)
- [9] Jungk, R. "Brighter Than a Thousand of Suns". Harvest Book, 1958
- [10] Bendjebbar, A. "Histoire secrète de la bombe atomique française", Cherche midi. 2022.

Rafael Fernández Flores. Doctor en ciencias y profesor de carrera Titular C definitivo en la DGTIC de la UNAM. También ha sido personal académico en la Facultad de Ciencias, FES Cuautitlán, FES Acatlán, la Facultad de Química, la Facultad de Contaduría y Administración y la Facultad de Filosofía y Letras. Profesionalmente se ha desempeñado como asesor externo del Instituto de Investigaciones Eléctricas, secretario académico de la FES Cuautitlán, director de Cómputo para la Investigación en la Dirección General de Cómputo Académico (DGSCA) de la UNAM. Coordinador del programa de divulgación Ciencia, Conciencia y Café.

SEMILLAS: TESOROS, ARMAS Y COMBATIENTES DE DIFERENTES BATALLAS

Selene Pascual Bustamante



Resumen

El cultivo de semillas ha sido la base fundamental para el desarrollo de las diferentes culturas, por ejemplo, el arroz para Oriente, el trigo y cebada para Europa y el maíz para América. Además de ser una fuente de alimentación, las semillas han servido como una herramienta en tiempos de guerra, ya que han funcionado como moneda de cambio, que ha permitido inclinar la balanza para cualquiera de los bandos contendientes.

Las semillas han tenido un papel fundamental en los distintos conflictos desde tiempos antiguos, siendo los tesoros obtenidos en las batallas víctimas de la violencia de los conflictos bélicos. Además del sustento y la esperanza para las naciones caídas en desgracia por las guerras.

La importancia nutricional de las semillas

Antes de continuar, es necesario que sepamos por qué las semillas juegan un papel tan importante en la alimentación humana y con eso podremos ir descifrando su importancia en los diferentes conflictos. Las semillas, en general, son una fuente de carbohidratos, que son la gasolina para nuestro motor, llamado cuerpo. Con ellos obtenemos la energía necesaria para realizar cada una de las labores diarias. Pero además de servir como combustible, algunas semillas presentan otros componentes de suma

importancia para el ser humano, como los son los lípidos o los aceites, los cuales tienen la característica de contener ácidos grasos insaturados, es decir dentro de su composición presentan dobles ligaduras, las cuales les brindan la cualidad de ser antioxidantes, además, este tipo de ácidos grasos los seres humanos no podemos generarlos por lo que es necesario consumirlos con los alimentos. De ahí la importancia de consumir aceites que contengan este tipo de compuestos; entre los que más destacan están el aceite de semilla de calabaza y el de semilla de chía. Ambos presentan un alto contenido de ácido linoleico, también conocido como omega-6, y ácido oleico, conocido como omega-9, los cuales ayudan a regular el colesterol, a mantener la barrera cutánea de la piel y a mantener la salud cardiovascular (Singh & Kumar, 2023). Otro ácido graso de suma importancia es el ácido linolénico, conocido también como Omega-3, el cual se encuentra principalmente en productos de origen del mar como son salmón o atún. Sin embargo, no solo estos productos son ricos en este compuesto, sino que también lo es el aceite de semilla de chía, que puede llegar a contener hasta un 60 % (Gutiérrez Tolentino et al., 2014).

Además de tener una buena cantidad de aceite, ambas semillas son ricas en proteínas y al igual que los aceites que contienen, las proteínas dentro de estas dos semillas son ricas en aminoácidos esenciales (estos aminoácidos no los sintetizamos los seres humanos, por lo que debemos consumirlos en los alimentos). Las semillas de chía pueden llegar a contener hasta un 20 % de pro-

teína (Chen & Luo, 2024), mientras que las semillas de calabaza se ha reportado concentraciones de hasta 60 % (Habib et al., 2025), dependiendo de la variedad y condiciones de cultivo. Si pensamos que, además de tener muchas proteínas, son una fuente importante de aminoácidos esenciales, como la leucina, la metionina y la lisina, podemos considerar estas semillas como superalimentos, puesto que, además de proporcionar energía, nutren al ser humano con los compuestos necesarios para su desarrollo.

Y es por esta razón que su importancia en tiempos de escasez de alimentos, debido a conflictos bélicos, resulta primordial.

La historia de las semillas durante los conflictos

Dentro de las culturas prehispánicas, las semillas, principalmente el maíz, fueron fundamentales en la alimentación de la población, otros cultivos importantes fueron el frijol y la calabaza, los cuales se cultivaban al mismo tiempo para conservar los nutrientes de la tierra. A pesar de que los diferentes pueblos tenían una base agrícola, había pueblos más poderosos en las regiones, los cuales sometían a poblaciones más pequeñas, obligándolas a pagar tributos a los terratenientes y nobles, principalmente estos tributos eran productos agrícolas en donde destacaban el maíz, cacao y la chía. Esta última también era parte fundamental de las ceremonias religiosas, por lo que su valor no solo era físico, sino también espiritual.

Con la llegada de los españoles y la conquista subsecuente, muchos cultivos fueron relegados, como las semillas de chía, principalmente debido al proceso de evangelización de los indígenas. En el caso de otros cultivos fueron adoptados por la gastronomía española como es el caso de la semilla de calabaza, la cual se incorporó en el desarrollo de varios platillos específicamente en el México precolombino (McClung de Tapia et al., 2014).

Durante la Segunda Guerra Mundial, en el interior del Instituto Vavilov, uno de los semilleros más grandes del mundo, se resguardaron toneladas de estos alimentos, que eran la esperanza de reactivar la agricultura en una Rusia devastada por la guerra. En ese sentido, los científicos que resguardaban este lugar prefirieron morir de hambre antes que consumir las semillas almacenadas, a fin de preservar este recurso. En ese mismo conflicto, el gobierno alemán generó un programa de mejoramiento de semillas, que ayudaría al país a tener una mayor producción de los granos (Espores, La veu del Botànic, 2014).

Por otra parte, el ejército de los Estados Unidos durante sus conflictos en Irak destruyó el banco de semillas ubicado en la ciudad de Abu Ghraib, perdiendo más de 200 variedades de semillas (El Público, 2008).

La creación de bancos de semillas alrededor del mundo, que permitan conservar la diversidad de las diferentes plantas, ha sido un trabajo que se ha estado realizando a través de los años, permitiendo con eso no perder la historia y propiedades nutricionales de diferentes semillas.

Semillas en guerra

Como ya te hemos platicado, las semillas han jugado un papel importante durante los conflictos bélicos, ya sea en pequeña o gran escala, sin embargo, una nueva amenaza se ve en el horizonte (o no tan lejana como creemos que es), el uso de semillas genéticamente modificadas ha sido un parteaguas para la agricultura. Esta tecnología ha generado revuelo en el público, y no todo de manera positiva. El principal riesgo que muchos científicos predicen es el uso de esta tecnología por parte de las empresas transnacionales, ya que se predice la monopolización de las semillas.

Las semillas genéticamente modificadas surgieron como una alternativa a los cambios climatológicos que se han generado en nuestro planeta, prometiendo semillas tolerantes a sequías, a plagas o adicionales con nutrientes que las semillas nativas no pueden contener. Sin embargo, también se ha visto que para mantener el comercio de dichos productos estos pueden contener marcadores que no permiten su reproducción de manera tradicional, obligando al agricultor a tener que comprar semillas para siembra cada temporada.

Pero, querido lector, te preguntarás: ¿esto qué tiene que ver con las guerras? Pues bien, lo que muchos analistas y científicos comentan es que, en un nuevo conflicto bélico, el empleo de semillas transgénicas puede llegar a generar desabasto de alimentos, ya que, al ser controladas por las corporaciones y, si hay un conflicto internacional, el abasto

de semillas para la siembra se reducirá y no habrá suficientes. Sumado a que muchas de las tierras de siembra se perderán y la mano de obra será desplazada por los conflictos. Además, pone en riesgo las variedades nativas, ocasionando que se pierdan.

Es por lo que las semillas ya no solo son tesoros de guerra o víctimas de estas, sino que también se han vuelto protagonistas de los conflictos, al generar un debate entre los diferentes frentes.

A partir de aquí podemos reflexionar que las semillas desempeñan diferentes papeles dentro de las guerras, ya que también la ausencia de estas puede ser usada como arma por parte de las naciones. Dejar a un país sin sustento ha sido un arma empleada desde la antigüedad para mantener el control sobre una nación. Como sabemos, el hambre es una forma de controlar.

Semillas como un faro de esperanza

Si bien hemos tratado de abordar los diferentes aspectos sobre cómo las semillas influyen en la nutrición, cuál ha sido su papel en distintos conflictos y la importancia de su preservación. Debemos dejar como reflexión que, en la alimentación del ser humano, las semillas juegan un papel fundamental no solo nutricionalmente, sino también como parte de un legado heredado de generación en generación y del conocimiento antiguo. Y que van a ser la esperanza de un futuro renovador.

Referencias

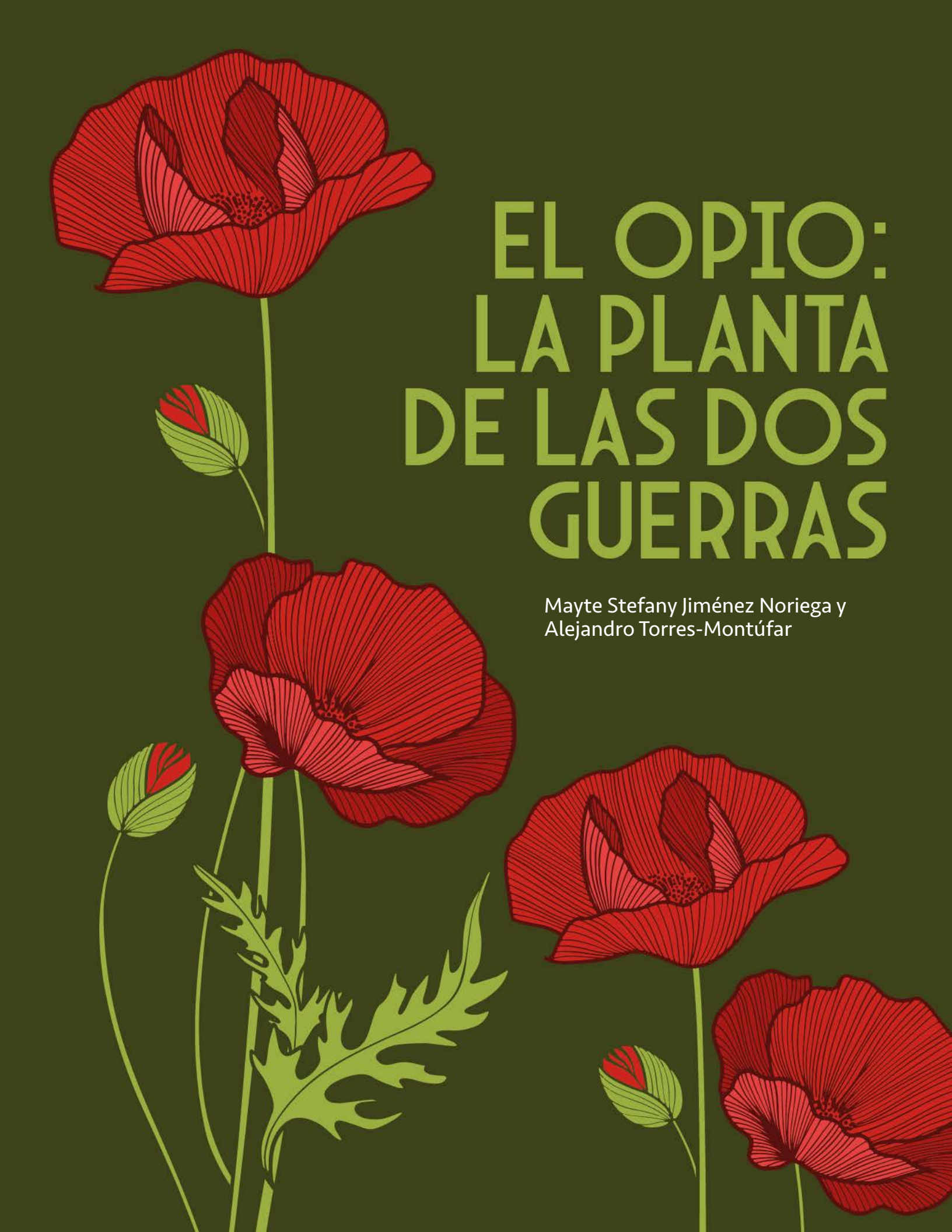
- Chen, S., & Luo, X. (2024). Chia seed protein as a promising source for plant-based foods: Functional properties, processing methods and potential food applications. *Applied Food Research*, 4(2), 100459. <https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2024.100459>
- El Público. (2008, February 1). Semillas de conflicto. <https://www.publico.es/ciencias/semillas-conflicto.html>
- Espores. La veu del Botànic. (2014, April 15). Semillas para acabar con el hambre mundial | Espores. Jardí Botànic de La Universitat de València. <https://espores.org/es/es-jardines/semillas-para-acabar-con-el-hambre-mundial/>
- Gutiérrez Tolentino, R., Ramírez Vega, L. M., Vega y León, S., Rodríguez, L. M., & Escobar Medina, A. (2014). Contenido de ácidos grasos en semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) cultivadas en cuatro estados de México. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1(19), 199–207.
- Habib, M., Singh, S., Sagar, N. A., Ahmad, S., Qureshi, I., Jan, S., Jan, K., & Bashir, K. (2025). Physicochemical and functional characterization of pumpkin seed protein isolate. *Sustainable Food Technology*, 3(2), 445–455. <https://doi.org/10.1039/D4FB00268G>
- McClung de Tapia, E., Martínez Yrizar, D., Ibarra Morales, E., & Adriano Morán, C. C. (2014). Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México. *Anales de Antropología*, 48(1), 97–121. [https://doi.org/10.1016/S0185-1225\(14\)70491-6](https://doi.org/10.1016/S0185-1225(14)70491-6)
- Singh, A., & Kumar, V. (2023). Phyto-chemical and bioactive compounds of pumpkin seed oil as affected by different extraction methods. *Food Chemistry Advances*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100211>

.....

Dra. Selene Pascual Bustamante. Profesora de asignatura, cuya línea de investigación es sobre caracterización de aceites y proteínas de semillas de chía y calabaza, departamento de ingeniería y tecnología, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Email: spluna27@cuautitlan.unam.mx



The background of the entire cover is a dark, muted green. Scattered across this background are several stylized red poppies. Each poppy is rendered with fine, parallel red lines to create a sense of texture and depth. Some flowers are in full bloom, while others are in the bud stage. The stems and leaves of the poppies are a lighter, lime-green color, providing a sharp contrast to the dark background and the red of the petals. The overall aesthetic is graphic and modern.

EL OPIO: LA PLANTA DE LAS DOS GUERRAS

Mayte Stefany Jiménez Noriega y
Alejandro Torres-Montúfar

Resumen

Papaver somniferum conocida comúnmente como la amapola o el opio, es una especie perteneciente a la familia Papaveraceae. En la historia esta planta propició un conflicto bélico por su fruto que libera un látex rico en alcaloides como; la codeína, la tebaína, la papaverina, la noscapina y la morfina, este último el más abundante. Es usado para el dolor y como anestésico, desde las sociedades antiguas. Las potencias europeas transformaron la planta como una mercancía con valor político. El Imperio Británico vio en el opio una forma de corregir el déficit comercial que mantenía con China, obligando a los agricultores de Bengala a sembrar amapola, lo que provocó hambruna. El fácil transporte y su alto valor adictivo incitó un cambio profundo en la sociedad China lo que llevó a la primera y segunda guerra del opio, que más que una droga fue una herramienta económica y política de control.

Introducción

La Guerra del Opio fue un punto de inflexión en la historia mundial, un conflicto bélico propiciado por una planta: la amapola o el opio (*Papaver somniferum* L.). Esta especie, perteneciente a la familia Papaveraceae, alcanza alrededor de un metro de altura, posee hojas verde grisáceas y flores con cuatro pétalos de colores que van del blanco al naranja y púrpura (Figura 1). Su fruto es una cápsula esférica que, inmadura, libera un látex rico en alcaloides naturales, entre los que

destacan la morfina, la codeína, la tebaína, la papaverina y la noscapina, siendo la morfina la más abundante (Stránská et al., 2013). Estos compuestos se han empleado tradicionalmente en medicina para el manejo del dolor y como anestésicos, y en la actualidad es uno de los tratamientos contra el dolor más extendidos (Carlin et al., 2020).



Figura 1. Flor de amapola y liberación de látex del fruto inmaduro. Imágenes libres de derechos. Wikimedia Commons.

El origen probable de *Papaver somniferum* se sitúa en la región mediterránea occidental. Evidencias arqueológicas señalan la presencia y cultivo de la planta desde el Neolítico, alrededor del sexto milenio antes de nuestra era (Jesús et al., 2023). Durante siglos, el opio formó parte del paisaje medicinal de sociedades antiguas; se empleaba para calmar el dolor, sedar, inducir el sueño y tratar dolencias intestinales. Su expansión por Oriente Próximo, India, China y Europa lo integró en redes comerciales que, con la llegada de las eras coloniales y el expansionismo de las potencias europeas, transformaron una planta medicinal en una mercancía profundamente vinculada a la economía y la geopolítica (Dikötter, Laamann y Zhou, 2004).

En el siglo XVIII, el Imperio Británico vio en el opio una forma de corregir el déficit comercial que mantenía con China. Desde sus bases en la India, especialmente en Bengala, instauró un monopolio sobre el cultivo de la amapola, supervisando su producción y subastando el opio crudo a intermediarios que lo transportarían de contrabando a los puertos chinos (Wakeman, 1978). Mientras Gran Bretaña compraba té, porcelana y seda, China rechazaba los productos europeos. El opio funcionó entonces como balanza: sus ventas drenaban plata de China y devolvían capital a Londres, al tiempo que la droga se extendía por diversas capas sociales del gigante asiático (Lovell, 2011).

La planta, por sí misma, desempeñó un papel fundamental más allá de su función

como mercancía. En Bengala, bajo dominio británico, los agricultores eran obligados mediante contratos coercitivos a sembrarla en lugar de alimentos, lo que generó hambrunas y dependencia económica (Wakeman, 1978). El látex seco podía almacenarse fácilmente, transportarse de forma compacta y venderse en pequeñas cantidades a un precio económico extraordinario, algo impensable para productos voluminosos como el té o materias primas pesadas. Su forma física permitió que el opio se transformara en una mercancía ideal para el tráfico clandestino: comprimido en bolas y protegido con cera, podía trasladarse en barcos sin perder potencia ni valor (Lovell, 2011).

En términos culturales, la planta introdujo un cambio profundo en la sociedad China debido a la forma en que se consumía: el opio, mezclado con tabaco y fumado, ofrecía un efecto euforizante rápido y socializador, lo que favoreció su expansión desde espacios íntimos hasta fumaderos públicos (Figura 2). Su alto potencial adictivo, resultado directo de la composición química de la savia de la planta, convirtió la dependencia del opio en un problema masivo: informes oficiales de la época Qing estiman en millones el número de consumidores (Dikötter et al., 2004). La adicción debilitó a soldados y funcionarios, afectó la recaudación fiscal y se convirtió en un argumento moral para que el gobierno actuará. En otras palabras, la fuerza política del conflicto estuvo condicionada por una propiedad biológica: la capacidad de *Papaver somniferum* para generar dependencia neuroquímica (Caquet, 2015).



Figura 2. Fumadero de Opio en Cantón China. Autor desconocido. Imagen de dominio público y derechos de reproducción.

A comienzos del siglo XIX, la dinastía Qing enfrentaba una crisis de gran magnitud. En 1839, el emperador Daoguang designó a Lin Zexu como su enviado en Cantón para frenar el comercio ilícito. Lin tomó medidas drásticas: escribió a la corona británica para denunciar el tráfico y ordenó la confiscación y la destrucción de más de mil toneladas de opio en Humen (Lovell, 2011). Esta acción desencadenó la respuesta militar británica y el inicio de la Primera Guerra del Opio (1839-1842). La derrota china se concretó con el Tratado de Nankín, firmado en 1842, que obligó a abrir cinco puertos al comercio, a pagar indemnizaciones y a ceder Hong Kong al Reino Unido (Wakeman, 1978).

Una década más tarde, el incidente del barco Arrow ofreció a Gran Bretaña un pretexto para intervenir nuevamente, esta vez con Francia como aliada. La Segunda Guerra del Opio (1856-1860) concluyó con nuevas imposiciones, entre ellas la presencia de legaciones extranjeras en Pekín y la consolidación de un sistema comercial ampliamente favorable a las potencias europeas (Lovell, 2011). La ocupación y el saqueo del Palacio de Verano en 1860 simbolizaron la incapacidad del Estado Qing para resistir la intervención extranjera (Dikötter et al., 2004).

El opio no fue únicamente una droga; fue una herramienta económica e un instrumento político. La planta, mediante su cultivo masivo, sostenido y controlado desde la India británica, sirvió como motor de la expansión imperial occidental y sentó las bases de lo que en la historiografía china se conoce como el inicio de la “centuria de humillación”, un periodo de subordinación, que alimentaría siglos después discursos nacionalistas y movimientos de modernización (Feige y Miron, 2008). Además, el legado de la planta continúa: si bien durante el siglo XIX fue usada como vector de dominación económica, hoy sigue siendo la fuente principal de alcaloides farmacológicos esenciales como la morfina y la codeína (Carlin et al., 2020).

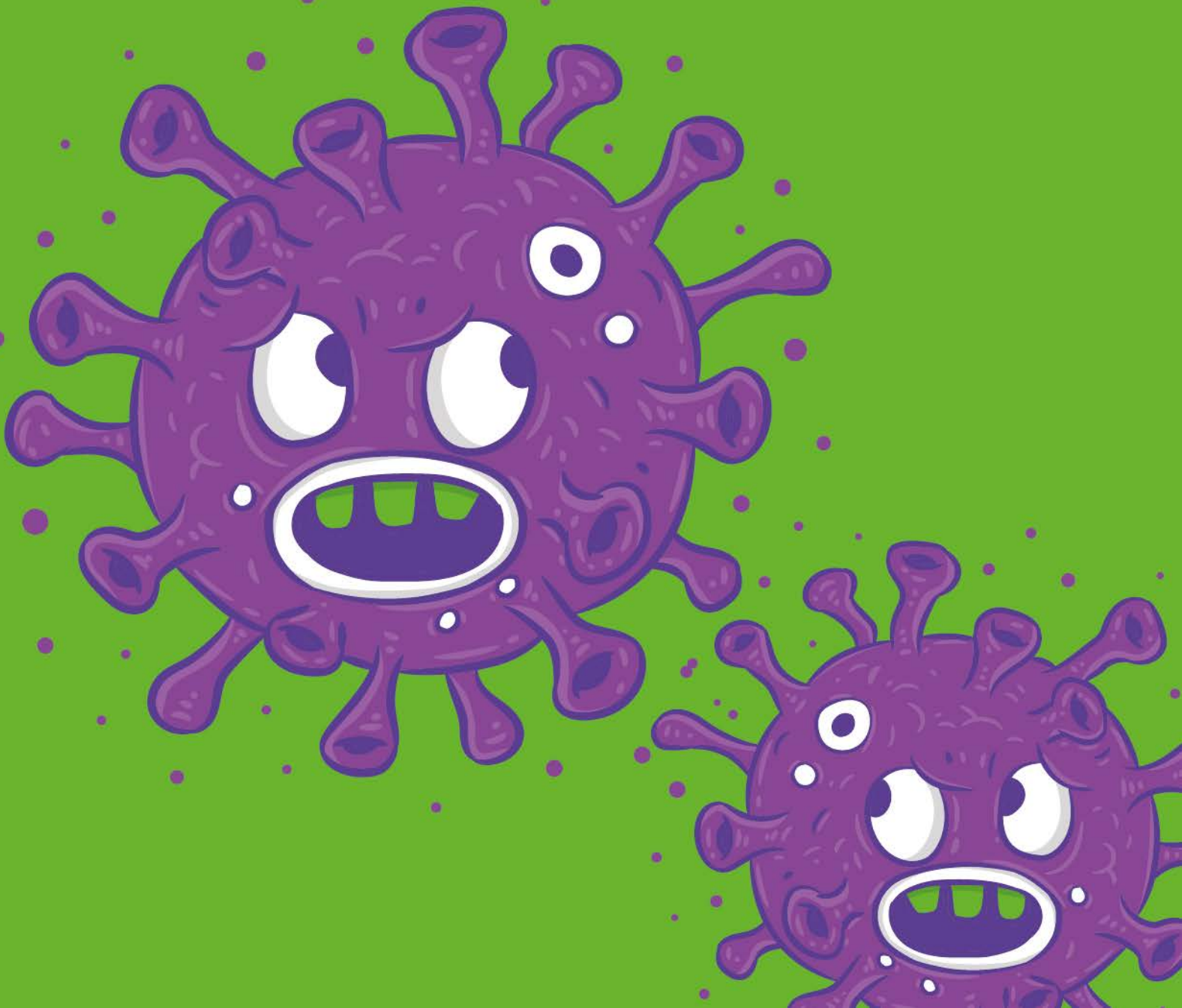
La historia de *Papaver somniferum* revela cómo una simple planta, que produce látex como defensa química, terminó moldeando rutas marítimas, destruyendo ciudades, configurando tratados internacionales y marcando el destino de millones de personas. La Guerra del Opio fue así una colisión entre ciencia, economía y poder político, cuyo detonante fue una flor capaz de aliviar el dolor físico, pero también, cuando fue instrumentalizada por intereses imperiales, provocar uno de los conflictos más decisivos del siglo XIX.

Referencias

- Caquet, P. E. (2015). Notions of addiction in the time of the first opium war. *The Historical Journal*, 58(4), 1009–1029.
- Carlin MG, Dean JR and Ames JM (2020) Opium Alkaloids in Harvested and Thermally Processed Poppy Seeds. *Front. Chem.* 8:737. doi: 10.3389/fchem.2020.00737
- Dikötter, F., Laamann, L., & Zhou, X. (2004). *Narcotic culture: A history of drugs in China*. University of Chicago Press.
- Feige, C., & Miron, J. A. (2008). The opium wars, opium legalization and opium consumption in China. *Applied Economics Letters*, 15(12), 911–913.
- Jesus, A., Bonhomme, V., Evin, A., Soteras, R., Jacomet, S., Bouby, L., & Antolín, F. (2023). Morphometrics of waterlogged archaeological seeds give new insights into the domestication and spread of *Papaver somniferum* L. in Western Europe. *PloS one*, 18(5), e0286190. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286190>
- Lovell, J. (2011). *The Opium War: Drugs, dreams and the making of China*. Editorial Picador. London, UK.
- Stránská, I., et al. (2013). Analysis of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Industrial Crops and Products*, 41, 120–126.
- Wakeman, F., Jr. (1978). The Canton trade and the opium war. En J. K. Fairbank (Ed.), *The Cambridge history of China* (Vol. 10, pp. 163–212). Cambridge University Press.
-
- Dra. Mayte Stefany Jiménez Noriega.** Profesora e investigadora en el área de Botánica Estructural en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Doctora en Ciencias por el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos. Miembro del SNII, nivel 1. Ha publicado 15 artículos científicos en revistas indexadas y numerosos congresos nacionales e internacionales. Su línea de investigación es Variación anatómica, morfológica, cambium vascular y cribo-xilogénesis de especies que se distribuyen en México y en gradientes altitudinales. Email: mayte.jimenez@cuautitlan.unam.mx
- Dr. Alejandro Torres-Montúfar.** Profesor en la carrera de Ingeniería Agrícola. Biólogo egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Doctor en Ciencias Biológicas por el Instituto de Biología de la UNAM. Miembro del SNII, nivel 1. Ha publicado 25 artículos científicos en revistas indexadas y numerosos congresos nacionales e internacionales. Su línea de investigación es la taxonomía y sistemática molecular de la familia Rubiaceae, adscrito al Herbario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (Herbario-FESC) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Email: montufar@comunidad.unam.mx

CUANDO LA ENFERMEDAD DECIDIÓ LA HISTORIA: LA VIRUELA Y OTRAS EPIDEMIAS EN TIEMPOS DE GUERRA

Elizabeth Ortega Soto



Resumen

A lo largo de la historia, virus y bacterias han influido decisivamente en conflictos armados, incluso antes de conocerse su naturaleza. Desde la antigüedad se emplearon patógenos como armas biológicas, como cadáveres con peste o flechas contaminadas. En América, la viruela fue determinante para la conquista española: introducida accidentalmente en 1520, diezmó poblaciones indígenas sin inmunidad, facilitando la caída de imperios como el azteca e inca. También hubo usos intencionales, como cobijas infectadas en Norteamérica. Otros virus —sarampión, influenza y fiebre amarilla— agravaron el colapso demográfico. En el siglo XX continuó el desarrollo de armas biológicas, lo que impulsó tratados internacionales como la Convención de Armas Biológicas. La erradicación de la viruela simboliza avances, pero también vulnerabilidades persistentes.

Introducción

A lo largo de la historia, muchos microorganismos han desempeñado un papel muy importante en las guerras, inclinando la balanza a favor de alguno de los bandos. Incluso muchos virus y bacterias han sido utilizados como armas biológicas, aun cuando no se conocía su naturaleza ni se entendían los mecanismos por los que nos causan enfermedad una vez que nos infectan. El uso intencional de microorganismos para dañar a los pueblos enemigos data de 1350 a. C., cuando los hititas dejaban cuerpos de ani-

males muertos por tularemia entre las poblaciones establecidas en el territorio donde fundaron el imperio de Anatolia (actual Turquía). Otros ejemplos incluyen los cadáveres de individuos infectados con peste que fueron propulsados a Kaffa por catapultas mongolas en 1346, o la utilización de vino contaminado con sangre de individuos infectados con lepra por los españoles para comercializarlo a sus competidores franceses (Avril y otros, 2024).

Los virus también han sido utilizados como armas biológicas. Los polacos usaron flechas contaminadas con saliva de animales rabiosos como parte de su artillería en 1650, o el uso de cobijas infectadas con fiebre amarilla o viruela en 1863 en Estados Unidos de América (Avril y otros, 2024).

La viruela y la conquista de América

Cuando los españoles iniciaron la conquista de América, Hernán Cortés y su gente desembarcaron en Cozumel y viajaron hasta Tenochtitlán haciendo alianzas con diferentes pueblos indígenas bajo la promesa de liberarlos del yugo azteca. Por su parte, Moteczuma sabía de los movimientos de Cortés desde su desembarco hasta su llegada a lo que ahora es Veracruz y planeó la defensa de la capital azteca junto con Cuitláhuac y Cuauhtémoc. La defensa fue tan efectiva que logró que Cortés perdiera a casi un tercio de sus hombres, obligándolos a retirarse. A pesar de las alianzas de Cortés y de la superioridad tecnológica de sus tropas, que poseían

armas de fuego, desconocidas hasta entonces por la población de América, el ataque de los aztecas casi expulsó a los españoles de México y seguramente hubiera seguido siendo así si no fuera porque, junto a los refuerzos que Cortés recibió de Cuba, también viajaba el virus de la viruela (Oldstone, 1998).

Cuando Cortés perdió la batalla contra los aztecas, Diego Velázquez, el gobernador de Cuba, envió a Pánfilo de Narváes, quien más que apoyar a Cortés tenía la encomienda de controlarlo y tener el control sobre los territorios conquistados (Oldstone, 1998). Lo que nadie sabía es que entre las tropas de Narváes había personas infectadas con viruela, que ya circulaba en Cuba desde 1519; específicamente se habla de un esclavo negro de nombre Francisco Egia, considerado el primer caso de viruela en México (Franco-Paredes y otros, 2004). Rápidamente, el virus comenzó a infectar a los nativos, quienes empezaron a morir como moscas, ya que no tenían inmunidad contra él. En Yucatán el rey Huny y su hijo fueron de los primeros en sucumbir a la enfermedad. La misma historia se repitió con gran parte de la población: el virus no distinguía entre ricos y pobres ni entre reyes y plebeyos, matando entre un tercio y la mitad de la población indígena (Oldstone, 1998).

Entre los nativos americanos, la probabilidad de sobrevivir a la enfermedad era muy baja. La primera razón era que todos los nativos carecían de inmunidad alguna contra la enfermedad por no haberla padecido previamente; las madres tampoco podían pasarles anticuerpos contra los virus a través de la leche materna, ya que ellas mismas no

habían enfermado previamente. Además, se considera que, en su mayoría, la población indígena tenía una dieta baja en proteínas, lo que pudo conllevar un sistema inmune menos activo frente a las nuevas infecciones. También es posible que los primeros brotes hubieran sido causados por la viruela mayor, una variante del virus más patógena. Cuando alguien enfermaba, se interrumpía el suministro de alimentos, agua y cuidados, lo que disminuía las probabilidades de sobrevivir. En muchos casos la cantidad de personas enfermas era tal que ya no había quien proveyera de alimentos. El uso de habitaciones amplias y compartidas, en lugar de casas con compartimentos como las que se usaban en Europa, pudo favorecer los contagios entre personas de una misma familia. La genética pudo haber jugado un papel importante, ya que se ha detectado que el complejo mayor de histocompatibilidad (MHC, por sus siglas en inglés), los cuales son moléculas que se encargan de mostrar los antígenos virales cuando una célula está infectada, eran más homogéneos entre la población indígena, lo que pudo causar que la mayoría de la población fuera más susceptible a enfermarse de forma grave por el virus de la viruela (Raley, 2010).

El brote de viruela que inició en abril de 1520 y que terminó en enero de 1521, favoreció la conquista de México por los españoles. Pero también favoreció la conquista de los incas en Perú y la colonización de Brasil por los portugueses y el establecimiento de los ingleses en Norteamérica (Figura 1).

Además de la introducción accidental del virus de la viruela en territorio america-

no, se ha documentado el uso intencional de la viruela para favorecer la conquista de lo que hoy es Estados Unidos de América y contra la tribu Chippewa. Se tienen registros de uso intencional de objetos contaminados durante la rebelión de Pontiac (entre 1763 y 1766), por orden del general británico Jeffrey Amherst. Los objetos contaminados se repartieron entre los delegados de las tribus que se unieron a la rebelión durante las negociaciones de paz en Fort Pitt (Pittsburgh en la actualidad) y, aunque la enfermedad no se diseminó como los británicos lo habrían querido, el brote causó la muerte de aproximadamente cien nativos americanos. En la primavera de 1832, el virus de la viruela volvió a propagarse mediante el uso de cobijas y ropa contaminadas entre la población Pawnee, lo que provocó que la población se redujera a la mitad en pocos días (Nikolakakis y otros, 2025).



Figura 1. La viruela afectando a la población azteca en México durante la conquista. Imagen generada por IA.

Otros virus que favorecieron la conquista de América

Además de la viruela, otros virus fueron introducidos en América por los españoles y también contribuyeron a la conquista de los nuevos territorios. El sarampión apareció en

México y en el Perú en 1530, así como la fiebre amarilla, que tampoco existía en la América precolombina. La influenza también fue un regalo del viejo mundo, causando una epidemia en México entre 1558 y 1559. Estos virus eran muy contagiosos, pero las enfermedades que causaban solían ser menos peligrosas. En cambio, la viruela es menos contagiosa que el sarampión o la influenza, pero una vez que alguien la adquiría, tenía un 90 % de probabilidad de desarrollar la enfermedad (Raley, 2010).

Los historiadores estiman que la presencia de estas enfermedades fue crucial en la conquista, ya que, de una población de 60 millones de personas en México y Perú en el 1500, 50 años después disminuyó a 100 millones. En México, en 100 años, la población pasó de diez a solo dos millones (Sessa y otros, 1999). Los europeos contribuyeron a la dispersión de estos virus y los tuvieron como aliados en la conquista de grandes territorios que contribuyeron a su grandeza.

Uso de los virus como arma biológica en la actualidad

En la Primera Guerra Mundial, muchos países desarrollaron armas biológicas. Entre ellas se encontraban algunas bacterias, como las que causan el ántrax o la tularemia, así como virus como el de la viruela, el de Marburg y otros causantes de fiebres hemorrágicas (Avril y otros, 2024).

Actualmente disponemos de diferentes formas de combatir un posible ataque de

virus. Si bien no existen muchos antivirales para combatir las infecciones virales, contamos con vacunas que pueden ayudarnos a generar protección mediante el adiestramiento del sistema inmune previo a la infección. Algunas de estas vacunas nos protegen contra virus que históricamente han sido usados como armas biológicas, como la fiebre amarilla y otras fiebres hemorrágicas, como la fiebre hemorrágica argentina o el ébola. También se pueden administrar algunos tratamientos con anticuerpos específicos contra estos virus para evitar una infección grave o la diseminación de la enfermedad.

El caso de la viruela merece una mención aparte. El virus se ha erradicado de la faz de la Tierra desde 1977; el último caso natural se detectó en un enfermero llamado Ali Maow Maalin, en Somalia (Figura 2). En 1980, la OMS declaró oficialmente la erradicación del virus. Posteriormente, se destruyeron todas las muestras del virus con el fin de prevenir que hubiera algún accidente ocasionado por la liberación accidental o incidental del virus, conservando solo algunos tubos con el virus en el CDC de Atlanta y en Rusia. También se dejó de vacunar a la población con este virus, excepto por algunos militares y civiles que todavía se vacunaron alrededor del año 2000; por lo que, si de alguna manera se registrara un nuevo caso, prácticamente toda la población estaría tan desprotegida como alguna vez lo estuvo la población nativa americana. Sin embargo, dado que prácticamente todas las muestras de virus están destruidas y no hay ninguna especie animal susceptible de ser infectada

por este virus, las probabilidades de que la viruela pueda ser usada nuevamente como arma biológica son muy bajas. También se dispone de un medicamento antiviral llamado Tecovirimat, que demostró ser eficiente contra el virus y otros virus parecidos, como el mpox (conocido inicialmente como viruela del mono), aunque muchas variantes del virus ya han desarrollado resistencia (Avril y otros, 2024).



Figura 2. Fotografía de Ali Maow Maalin, última persona infectada de forma natural y enferma de viruela en 1977. Fotografía de la OMS tomada por John F. Wickett.

En un intento por controlar el uso y/o desarrollo de microorganismos como armas biológicas, se creó en 1975 la Convención de Armas Biológicas, BWC por sus siglas en inglés (Biological Weapon Convention) cuyo objetivo es evitar el mal uso de la biología. En esta convención se discute el uso bélico de los microorganismos y la forma de aprovechar las experiencias pasadas para evitar que vuelvan a usarse como armas (Shearer y otros, 2025).

Referencias

- Avril, A., Guillier, S. y Rasetti-Escargueil, C., (2024) Development of Effective Medical Countermeasures Against the Main Biowarfare Agents: The Importance of Antibodies. *Microorganisms*, 12, 2622. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122622>
- Franco-Paredes C, Lammoglia L, Santos-Preciado JI. (2004). Perspectiva histórica de la viruela en México: aparición, eliminación y riesgo de reaparición por bioterrorismo [Historical perspective of smallpox in Mexico: emergence, elimination, and risk of reemergence due to bioterrorism]. *Gac Med Mex*. May-Jun;140(3):321-7. Spanish. PMID: 15259344.
- Nikolakakis, I., Michaleas, S. N., Mourouzis, I., Basdra, E., y Karamanou, M. (2025). The use of smallpox as a bioweapon against native americans. *Medicina (Buenos Aires)*, 2025: 85: 1119-1122.
- Oldstone, M. B. A. (2020). *Viruses, Plagues, and History. Past, present and future.* 2nd Ed. Oxford University Press.
- Raley, J. C. (2010) Smallpox and American Indians Revisited. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 65 (4): 445-477 doi:10.1093/jhmas/jrq005.
- Sessa, R., Palagiano, C., Scifoni, M. G., di Pietro, M., y Del Piano, M. (1999). The major epidemic infections: a gift from the Old World to the New? *Panminerva Med*, 41(1):78-84. PMID: 10230264.
- Shearer, M. P., Mui, A. K., Fogarty, A. S., y Vahey, R. A. (2025). The BWC at 50: Envisioning the Next 50 Years of the Biological and Toxin Weapons Convention. *Health Secur*, 23(5):289-291. doi: 10.1177/23265094251387593.

Dra. Elizabeth Ortega Soto. Profesora de virología, cuya línea de investigación es sobre el diseño de antivirales contra virus como Herpes y Zika, adscrita al departamento de Microbiología de la Escuela Nacional de Ciencias de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Email: elizabethorte@gmail.com.

RESOLVER CON CIENCIA

AHORA, PENSAR EN LA SOCIEDAD

DESPUÉS: LA FÓRMULA QUÍMICA

PARA EL CAOS

Álvarez Olivares Mercedes y Rojo Cabral Jesús Alfredo



Resumen

A lo largo de la historia, la comunidad científica ha unido esfuerzos en la búsqueda del conocimiento; sin embargo, en ocasiones los avances en ciencia y tecnología no han sido empleados en beneficio de la humanidad. En este artículo se analiza el potencial de algunos desarrollos científicos, con especial énfasis en el proceso Haber-Bosch, considerado uno de los avances más relevantes del siglo XX por su impacto en la producción de fertilizantes y en la seguridad alimentaria mundial. Gracias a este proceso, millones de personas han podido acceder a alimentos para su subsistencia. No obstante, su aplicación también ha generado problemáticas sociales y ambientales, al no considerar los contextos históricos ni las consecuencias derivadas del uso indebido de la química. Frente a este escenario, se plantea la necesidad de que las futuras generaciones científicas desarrollen investigaciones orientadas a la solución de problemas desde un enfoque integral, interdisciplinario y éticamente responsable.

Reactivos y condiciones de reacción: Necesidad urgente y voluntad científica

A finales del siglo XVIII, en Europa occidental la población aumentó de 192 a 239 millones en un periodo de 30 años (Nature,

1910), Imagínate eso, es un crecimiento del 25 % en unos pocos años. Naturalmente surgió una problemática urgente: ¿cómo alimentar a tanta población? En un principio, podríamos suponer que cultivando más y ya, pero eso suponía otro gran problema, ya que los suelos se estaban desgastando a una velocidad alarmante (Figura 1). Esto quiere decir que el tiempo de los procesos naturales de mineralización, en los que los microorganismos transforman la materia orgánica en nutrientes más fáciles de absorber para las plantas, era mayor que el tiempo de producción. Así que, para generar mejores cosechas, se requería añadir nutrientes por fuera; aquí entra en juego un viejo conocido: el guano (descrito por primera vez por Humboldt en 1802, pero esa es otra historia). El guano es el término con el que se denomina, casi siempre, el excremento de aves y de algunos animales marinos, alto en contenido de nitrógeno (en forma de amoníaco) y de fósforo (ambos macronutrientes vitales para las plantas). Este guano procedía de tierras lejanas para los europeos (América del Sur), por lo que trasladarlo no era nada sencillo, y mucho menos barato, y tenía asociadas condiciones de explotación laboral e imperialismo (Meseguer, 2023). Más de un científico soñaba con hallar una fuente de nitrógeno biodisponible que fuera más cercana, más asequible y, por supuesto, menos escatológica y esclavizante; por lo que muchas academias de ciencias (y empresas) en Europa, especialmente las de química, buscaron formas de recuperar nitrógeno del aire y transformarlo en amoníaco.

Productos primarios: Soluciones rápidas

Aquí entra Fritz Haber (químico alemán), quien fue uno de los pioneros en el desarrollo de procesos de combustión, electrolisis y catálisis, así como en la vinculación entre la investigación académica y el desarrollo industrial (Willis, 2023). En 1904 Haber se interesó por el problema de la escasez de alimentos provocada por el desgaste del suelo y se sumó a muchos químicos que intentaban dominar la producción de amoníaco, la idea podría parecer muy simple, hacer reaccionar nitrógeno con hidrógeno, pero el proceso era difícil, ya que estas dos moléculas son altamente estables por separado y difícilmente se pueden hacer reaccionar en condiciones normales en un laboratorio, lo que obligó a Haber a buscar las condiciones idóneas de presión y temperatura, además de un catalizador viable para acelerar la reacción.

Haber construyó un dispositivo que toleraba altas presiones y temperaturas, y, como catalizador, utilizó una placa de osmio (altamente costosa para la época), lo que provocó que los enlaces de nitrógeno diatómico se rompieran y así este pudiera reaccionar con hidrógeno para formar amoníaco. El éxito brilló en los ojos de Haber al haber generado un mililitro de amoníaco. Solo un mililitro bastó para iniciar el combate a la problemática del uso de fertilizantes en la producción de alimentos, pues proporcionó la primera pieza para escalar el método a un proceso industrial. En este punto cabe destacar que, las

aportaciones del científico Carl Bosch quien fue indispensable al proponer la sustitución del osmio por óxido de hierro fue lo que aumentó la rentabilidad del proceso industrial (Phillips, 2021). Pero no todo lo que brilla es "nitrógeno para el bien".



Figura 1. Erosión del suelo por la falta de nutrientes nitrogenados. Diseñada por Álvarez y Rojo-Cabral (2025). Generada con Leonardo.Ai, fotografía de Fritz Haber, (National Geographic, 2023)

Productos secundarios: problemas a largo plazo

A inicios de los años 1900, otra crisis mundial estalla, y muchos científicos se apresuran a poner sus conocimientos al servicio de la guerra (bajo pretexto de culmi-

narla lo antes posible y “salvar vidas”, como bien ocurrió con Oppenheimer tan solo unas décadas después). Haber no fue la excepción. El nitrógeno es un elemento que puede aumentar su volumen rápidamente cuando pasa de sólido a gas (lo que constituye una explosión), por lo que puede utilizarse en la síntesis de detonantes (y como precursor de otras armas químicas). Con el proceso optimizado y calibrado, fue cuestión de tiempo generar armas explosivas a partir de amoníaco, que fueron utilizadas en trincheras y campos de batalla (Figura 2). El saldo final de las armas químicas tan solo en la Primera Guerra Mundial fue de al menos 90 mil personas (López-Muñoz y Romero, 2022), la mayoría de ellos soldados de entre 18 y 35 años (muchos no mayores a tu propia edad).

Si bien la guerra de trincheras culminó en 1918 (y Haber sufrió consecuencias personales de por vida derivadas de sus acciones), los problemas asociados al proceso Haber no acabaron ahí. La sobreutilización de fertilizantes mermó la calidad de los suelos las siguientes décadas (generando una acidificación poco reversible) e impactó negativamente agua y aire (González Ulibarri, 2019) ya que la volatilización del amoníaco produjo a la larga lluvia ácida y el amoníaco en el agua generó eutrofización (crecimiento excesivo de algas, que baja la cantidad de oxígeno en el agua y produce muerte de seres vivos acuáticos aeróbicos), todos estos efectos no fueron considerados o estudiados desde el inicio y mucho menos corregidos de fondo a lo largo de los años. Paradójicamente, el daño excesivo al suelo solo nos volvió más dependientes de los fertilizantes, por lo que

se entró en un ciclo de codependencia del cual, en pleno siglo XXI, seguimos sin escapar en su totalidad.

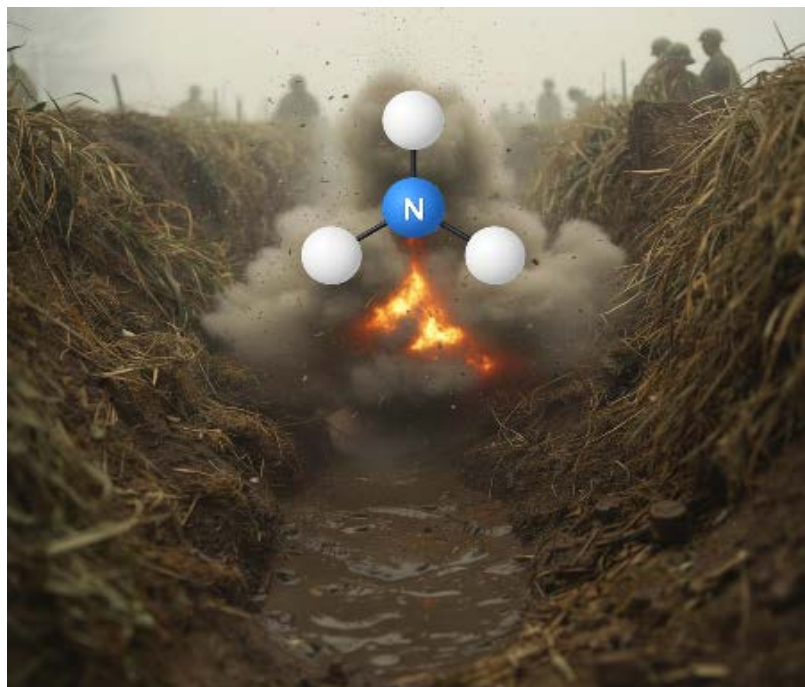


Figura 2. *Uso del amoníaco como explosivos.*
Diseñada por Álvarez y Rojo-Cabral (2025).
Generada con Leonardo.Ai

Producto inesperado: la química al servicio de la guerra

Como ya se mencionó, la guerra de trincheras mantuvo un escenario complicado para la resolución y terminación del conflicto, por lo que Fritz Haber sirvió como voluntario en el diseño de armas químicas (con la premisa de que se salvarían muchas vidas si un arma química ayudaba a acabar con la guerra). Lo que llevó a Haber al desarrollo del gas cloro y aplicarlo como un arma,

este gas presenta una densidad mayor al aire por lo que se mantiene a una altura cercana al suelo, y lo más importante, este gas causa efectos sumamente drásticos en la salud, respirarlo en altas concentraciones causa irritación de mucosas, daño pulmonar grave llevando a un broncoespasmo (Morim, 2023), daños que pueden provocar la muerte.

Debido a las características del gas cloro, Haber decidió estudiar esta sustancia, realizando pruebas en su laboratorio hasta el desarrollo de una estrategia para usarlo en la guerra de las trincheras, el 22 de abril de 1915 coordinó el ataque alemán de la nube de cloro, haciendo que el gas se trasladará por medio de las corrientes de aire hasta el frente enemigo (Friedrich y Hoffmann, 2016) lo que llevó a la muerte de más de 5 mil soldados enemigos; este no fue el único ataque que Haber coordinó, sumando más víctimas a causa de un uso irracional de la química (Figura 3).

En la actualidad, atribuimos grandes beneficios al cloro para el ser humano. La diferencia es que ya no se ocupa en estado gaseoso; para aprovecharlo, muchas veces es necesario diluirlo en agua, formando hipoclorito (comúnmente acompañado de sodio, denominado hipoclorito de sodio). En esta forma es completamente seguro para el uso doméstico, que va desde la desinfección de alimentos, potabilización del agua e higiene en el hogar, así como en grandes procesos industriales, por ejemplo; en la fabricación de plásticos, medicamentos y papel.

Este es un claro ejemplo, de que el uso ético de la química puede proporcionar salud

y bienestar al ser humano, pero en el contexto histórico de Haber, en donde lo importante era ser el vencedor de la guerra, la ética y el humanismo se omiten. Por ello, si se usa la ciencia con el único propósito de resolver una crisis de manera rápida, sin pensar en las posibles repercusiones, en consecuencia, se genera conocimiento para la destrucción.



Figura 3. Representación de pruebas con gas cloro en el laboratorio de Fritz. Haber en el instituto Káiser Wilhem. Diseñada por Álvarez y Rojo-Cabral (2025). Generada con Leonardo.Ai

Alternativa de reacción: cambio de condiciones iniciales

Cabe destacar que en este ejemplo se aplicó una solución alternativa orientada a las causas estructurales del problema (Figura 4). En el caso de la problemática del agotamiento de suelos el uso de técnicas combinadas (ya conocidas en múltiples culturas agrícolas del mundo, incluidas algunas del México prehispánico) como la rotación de cultivos (en lugar de promover los monocultivos que generan mayor agotamiento), la labranza cero (que permite reincorporar nutrientes del ciclo anterior de cultivo), el uso de múltiples variedades (para promover variedad genética y generar individuos a la larga más aptos), entre otras, pudo generar cosechas de mejor calidad sin agotar el suelo. Sin embargo, este tipo de soluciones no eran inmediatas y requerían un esfuerzo adicional (asociado al aprendizaje, al cambio de hábitos y a su aplicación por parte de la comunidad), lo cual no era viable para la necesidad inmediata. Este es un caso en el que la “solución rápida unilateral” permitió excelentes resultados a corto plazo, pero un daño incalculable a la postre. Es aquí donde debemos considerar el rol de las soluciones científicas desde un único enfoque, y contrastar con aquellas que toman en consideración factores sociales, económicos e incluso políticos. Es decir, la ciencia ya no debe generarse en solitario ni tener un único enfoque, debe hacerse desde y para la humanidad.



Figura 4. Representación de una plantación sustentable por métodos no químicos. Diseñada por Álvarez y Rojo-Cabral, 2025. Generada con Canva.IA

En una época en donde se tenían que solucionar las crisis de manera inmediata, muchos científicos se concentraban en una sola solución, sin buscar alternativas con enfoques humanísticos o sociales, solamente se enfocan en las soluciones rápidas, sin contemplar las consecuencias que el proceso o descubrimiento traería consigo. Pero en la actualidad, es importante pensar que la ciencia debe ser el puente entre las solucio-

nes eficientes y el bienestar de la sociedad, incluido el cuidado del medio ambiente.

El proceso Haber-Bosch para la fabricación de amoníaco salvó muchas vidas en la crisis agrícola, pero este mismo proceso tan benéfico para la humanidad también es el responsable de la pérdida de múltiples vidas en la guerra. Este es un claro ejemplo de la dualidad de la química, en donde el uso adecuado y la preocupación por el bienestar humano logran utilizar el conocimiento como una herramienta valiosa para las necesidades básicas del ser humano y en contraste, la química también se puede ocuparse como un método de destrucción sin sentido, ni ética.

Pero esta actitud no solo es exclusiva de la ciencia, pregúntate a ti mismo: ¿cuándo fue la última vez que, por resolver algo de forma urgente sin considerar todo el panorama, acabaste dañando mucho más de lo que arreglaste? Esta pregunta nos permite reflexionar en nuestras acciones para mejorar nuestro papel en la sociedad, en la búsqueda del bienestar propio, pero aún más importante, en el bienestar de la comunidad, evitando tragedias, buscando el uso del conocimiento para la paz.

Referencias

- Friedrich, B., & Hoffmann, D. (2016). Clara Haber, nee Immerwahr (1870-1915): Life, Work and Legacy. *Zeitschrift Für Anorganische Und Allgemeine Chemie*, 642(6), 437-448. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1002/zaac.201600035>
- González Ulibarry, F. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Asesoría Técnica Parlamentaria de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 118.959. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_am-

[bientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf](#)

- López-Muñoz, F., Romero, A. (2022). La tragedia de los gases de la muerte durante la Gran Guerra. *Historia National Geographic*. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/tragedia-gases-muerte-durante-gran-guerra_15712
- Nature Publishing Group. (1910). The Recent Growth of Population in Western Europe. *Nature*, 83, 193-194. <https://doi.org/10.1038/083193a0>
- Meseguer, E. (2023). La era del guano: un negocio redondo y cruel. *National Geographic*. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/era-guano-negocio-redondo-cruel_19549
- Morim A, Guldner GT. Toxicidad del gas cloro. [Actualizado el 26 de junio de 2023]. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; enero de 2025-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537213/>
- Phillips, J. R. (2021). Carl Bosch. *Salem Press Biographical Encyclopedia*. <https://research-ebco-com.pbidi.unam.mx:2443/linkprocessor/plink?id=a88f53c6-7625-300f-926f-f09ae-99c7a63>

MC. Mercedes Álvarez Olivares. Profesora de asignatura interina, impartidora de charlas y ponencias de divulgación científica a nivel bachillerato-licenciatura y coautora de artículos de corte técnico-académico en líneas de investigación de Química e Ingeniería Ambiental, adscrita a la Academia de Experimentales del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur. Email: meruse.a.o@gmail.com

QFB. Jesús Alfredo Rojo Cabral. Profesor interino de asignatura, impartidor de ponencias y cursos en el área clínica y de divulgación científica. Responsable de la sección de Inmunología y Hormonas del Hospital General Dra. MPML del ISSSTE, adscrito a la Academia de Experimentales del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur.

Email: jesusalfredo.rojocabral@cch.unam.mx

KOMBUCHA, DE TRADICIÓN MILENARIA A TENDENCIA GLOBAL

Alma Cristina Arellano García, Julieta Salomé Veloz
Rendón, Maribel Flores González



Resumen

El siguiente artículo presenta un panorama de la bebida fermentada Kombucha, que es mucho más que una simple bebida: es un probiótico vivo, un universo de bacterias y levaduras en simbiosis que transforma el té azucarado en un elixir milenario. Este artículo considera el proceso de elaboración y posteriormente se explora su origen, el cual se piensa que fue en China en el año 220 a. C., su expansión por el mundo y diversas leyendas que han acompañado a esta bebida a lo largo de la historia. El consumo de la Kombucha se ha asociado a múltiples beneficios en la salud humana, por lo tanto, se presentan las propiedades reportadas, los componentes y sus posibles efectos secundarios. De esta forma se concluye que un fermento es un proceso biológico, histórico y cultural.

¿Conoces alguna bebida fermentada?

Una bebida fermentada es resultado de la interacción entre ingredientes como jugos de fruta, granos o té, y microorganismos como bacterias y levaduras, que transforman los azúcares en diferentes compuestos.

En México, las más comunes son el tepache, el pulque y el tejuino. Sin embargo, debido a la globalización, hoy en día se consumen otras bebidas como: la cerveza, el vino, la sidra y la kombucha. Cada bebida tiene una historia y un contexto muy interesantes. En este texto, describiremos la historia de la kombucha.

La kombucha es una bebida obtenida al fermentar una infusión de té negro endulzada con azúcar o piloncillo, utilizando un conjunto de bacterias y levaduras, que se encuentran en una membrana flotante (hongo del té) que recubre el líquido (Figura 1). Su sabor es similar al de la sidra, con una ligera efervescencia. Es importante recalcar que el inóculo, es decir, una fracción de la membrana, debe transferirse de persona a persona.

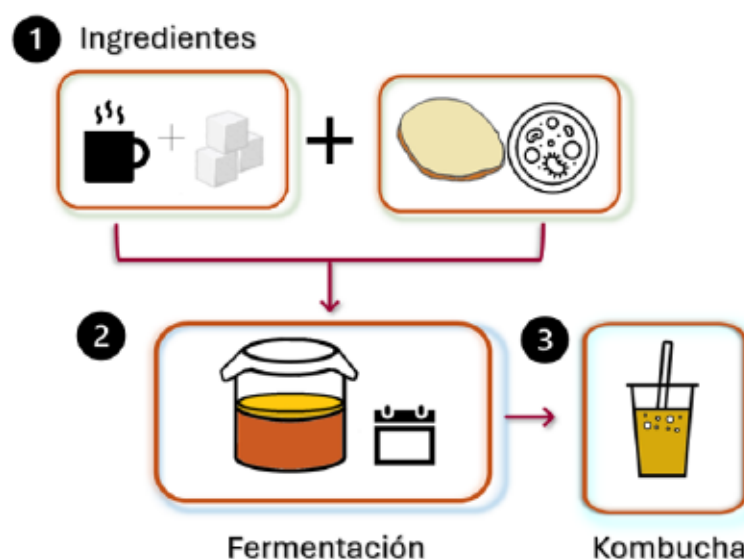


Figura 1. Proceso de elaboración de kombucha. 1) Ingredientes: Infusión de té negro endulzado con azúcar y membrana de bacterias y levaduras. 2) Fermentación: Los ingredientes se colocan en un frasco tapado con una tela. El líquido se deja reposar por 15 días, en un lugar cálido, alejado de la luz del sol. 3) Después de los 15 días el líquido ha cambiado su color y aroma, y se conoce como Kombucha (Imágenes elaboradas por los autores).

Las leyendas del origen de la kombucha

¿Dónde y cuándo se inició el consumo de este fermento? Aunque no es posible conocer con exactitud cómo o dónde se originó la kombucha, existen varias leyendas. Una de ellas surge en el año 220 a.C. en la región de Manchuria, al norte de China. Durante la dinastía Chin, se piensa que el emperador Qin-Shi Huangdi fue el primero en dar a conocer que ingería kombucha y la llamaba “elixir de la inmortalidad”.

Esta información no está en un registro escrito directo; sin embargo, existe evidencia de una orden ejecutiva en la que se exigía a sus súbditos buscar un elixir que lo mantuviera vivo para siempre. La respuesta a esta demanda no era la kombucha, sino el uso de una hierba de una montaña local, en la zona de Langya (Katz, 2017). No obstante, los pobladores creyeron que se trataba de kombucha y así lo transmitieron de forma oral.

La ausencia de un registro escrito sobre el origen de esta bebida no significa que no se usará ni que no existiera. Esto posiblemente se debe a que las antiguas técnicas de elaboración y fermentación del té se transmitían de forma oral y carecían de registros escritos.

Leyenda del nombre en Japón

La razón por la que se le otorgó tal nombre a esta bebida también forma parte de una leyenda. Se dice que la kombucha

fue llevada a Japón por un doctor coreano llamado Kombu en 414 d.C., como un regalo al emperador Ingyō, quien buscaba una cura para varios problemas digestivos (Williams, 2024).

La palabra japonesa para té es cha y se piensa que al juntar el nombre del doctor y cha, surgió la palabra kombucha. Actualmente, la palabra kombu en japonés se refiere a un alga muy utilizada en la cocina asiática.

Los orígenes de la kombucha

El origen de esta bebida no se limita a China. Involucra a otros países como Rusia, Corea del Sur y Japón, donde se consume té fermentado (Figura. 2).

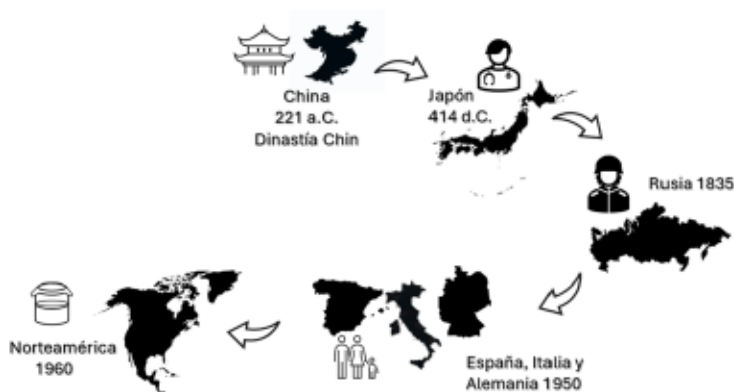


Figura 2. Leyendas y expansión del consumo de kombucha en el tiempo (Imágenes elaboradas por los autores).

Fermento “Bendito”

Al ser una bebida con propiedades benéficas a la salud y sin conocer la explicación científica del porqué, es normal que se le confirió un halo de bendición. Tal es el caso de la “Hermandad de Moravia”, originaria de la República Checa, que en sus monasterios guardaba celosamente su bebida de té fermentado bajo el nombre clave de “Olinka”, que se preparaba en las zonas de oración, ya que estas se mantenían siempre limpias y tenían menos probabilidades de contaminación. Esta práctica, gradualmente, diviniza la bebida de kombucha y se desarrolló un mito en torno a ella. Se consideraba sacrílego vender el hongo del té y, por lo tanto, tenía que pasar de una casa a otra, anunciando así “un regalo de bendiciones” (Grumezescu y Holban, 2019).

Expansión hacia Europa

En Rusia el cultivo de Kombucha se llama “čajnyj grib” (literalmente, “hongo de té”), mientras que la bebida en sí se conoce como “grib” que significa “hongo” o de forma afectiva “gribok” - “hongo pequeño” (Crum y LaGory, 2016).

No existe registro de la forma o momento en el cual la kombucha llegó a Rusia, sin embargo, en 1835, un funcionario llamado Stantsevich, fue enviado a Irkutsk para compilar un informe; describió en su diario

la infusión que bebían los colonos que vivían allí. En sus notas apuntó una práctica extraña, en la que los lugareños bebían el té frío e incluso insistían en comer un pan plano y de aspecto repugnante. Al mismo tiempo, mencionó el poder curativo de esta bebida, por lo que se infiere que podría aludir a la kombucha (Kombutea, 2019).

Los conflictos bélicos influyeron en la expansión del consumo de esta bebida, pues durante la Rebelión de los Bóxers de 1899 y la Guerra ruso-japonesa de 1904, Rusia estuvo involucrada en Asia, combatiendo en numerosos frentes en China, Corea y Manchuria. Se piensa que, al regresar, los soldados rusos llevaron consigo todo tipo de curiosidades de sus años en el extranjero, incluyendo el secreto de los cultivos de fermentación (Williams, 2024).

Después de la Segunda Guerra Mundial, la Kombucha se popularizó en Italia, Francia y España (Troitino, 2017). Curiosamente, en Italia se popularizó su consumo en la década de 1950. Probablemente llevada por soldados italianos que luchaban en Alemania y Rusia, se volvió especialmente venerada entre las clases altas como una bebida mágica. Las recetas circulaban como una “carta en cadena”, con instrucciones detalladas que debían seguirse al pie de la letra. Surgieron nuevas y extrañas tradiciones, casi religiosas. El hongo del té solo se podía compartir con amigos los martes y, si había éxito, San Antonio (patrón de las cosas perdidas) concedía tres deseos (Williams, 2024).

Kombucha en Norteamérica y México

En 1960, la kombucha se consumía en California, Estados Unidos, y se conocía como el té Groovy. Diez años después ganó popularidad entre la comunidad hippie. En la década de 1980, el expresidente Ronald Reagan recurrió a esta bebida cuando le diagnosticaron cáncer y, según se dice, bebió un litro al día hasta su muerte en 2004. En 1995, George Thomas Dave fundó la primera empresa estadounidense dedicada a la fabricación y comercialización de kombucha en el sur de California (Williams, 2024).

La kombucha en México debió llegar en el siglo XX, pues es de conocimiento general que en muchos hogares se utilizaba un hongo del té similar al de la kombucha, para elaborar vinagre. Este consorcio de bacterias y levaduras, conocido como Madre del Vinagre, se alimenta de agua con piloncillo y requiere al menos 30 días de fermentación.

Actualmente, Jaime Carral es el dueño de la marca de kombucha más antigua, La Semilla Colectiva. De acuerdo con las palabras de Jaime, su búsqueda por complementar la alimentación vegetariana lo llevó a encontrar en los fermentos alternativos para este fin, y en ese camino encontró la kombucha, bebida que elabora desde el año 2000 (Williamson, 2019).

Hoy en día es posible realizar la fermentación en casa, pues existen diferentes marcas que ofrecen el equipo, las instrucciones y la membrana de bacterias y levaduras para comenzarla.

El creciente interés de las personas por una vida sana, así como la prevalencia de enfermedades crónicas y relacionadas con el estilo de vida, ha hecho que el mercado latinoamericano de la kombucha alcance un valor de 221,70 millones de dólares en el año 2024. Se estima que el mercado alcanzará un valor de 443,91 millones de dólares en 2034; siendo Brasil el principal consumidor, seguido de México.

Aportes a la salud asociados al consumo de kombucha

A lo largo de su historia se le han adjudicado diversas ventajas como reducir el riesgo de padecer cáncer, propiedades antimicrobianas, aportar antioxidantes, ser un alimento probiótico y reducir el riesgo de enfermedades cardíacas. Por estas razones se considera una bebida funcional, al estar asociada a la reducción del riesgo de enfermedades. Diversos estudios han identificado cuatro propiedades definidas: protección contra el daño causado por radicales libres, propiedades energizantes, promoción del sistema inmunitario y propiedades desintoxicantes (Batista et al., 2022).

Estudios realizados *in vivo* o *in vitro*, como el de Batista en 2022, especialmente con animales y más recientemente, con humanos, han reportado algunos beneficios de este producto, como actividad antiinflamatoria, antioxidante, antibacteriana, antidiabética, anticancerígena; reduciendo la concentración de colesterol y mejorando

el metabolismo hepático, incrementando el sistema inmunológico y optimizando las funciones gastrointestinales.

Estos beneficios están relacionados con la composición de esta bebida, la cual se describe a continuación:

- Ácidos orgánicos: ácido acético, ácido glucurónico, entre otros, que poseen propiedades antibacterianas y detoxificantes.
- Antioxidantes: combaten los radicales libres y protegen las células del daño oxidativo.
- Vitaminas del complejo B: esenciales para el metabolismo energético y el funcionamiento del sistema nervioso.
- Minerales: potasio, magnesio, zinc y otros, que desempeñan diversas funciones corporales (Escalante-Aburto y Ponce-García, 2024).

Efectos secundarios

Los efectos secundarios asociados al consumo de kombucha incluyen: mareos, dolor de cabeza, reacciones alérgicas y toxicidad gastrointestinal. Estos síntomas se deben a factores como el consumo excesivo (más de 340 gramos al día), las malas condiciones higiénicas durante la preparación (más comunes en la fermentación casera) o tiempos de fermentación muy largos. Por lo tanto, se requieren requisitos de seguridad para controlar la producción y garantizar al consumidor que el producto es seguro para el consumo humano (Batista et al., 2022).

Tendencia del consumo de kombucha

El consumo se ha popularizado en todo el mundo debido a sus diversos beneficios para la salud y se espera que aumente. En un reporte reciente de *Mordor Intelligence*, la empresa de investigación destacó que el mercado de la kombucha se estima en 2,97 mil millones de dólares para este 2024, y se espera que alcance los 4,65 mil millones en 2029 (Forbes, 2024). Ante la creciente popularidad de la bebida, grandes empresas se han interesado por su producción y distribución.

Tal es el caso de PepsiCo, que adquirió KeVita, la marca líder en el sector, en noviembre de 2016. KeVita se unirá a las 22 marcas globales de PepsiCo, que son compradas mil millones de veces al día por consumidores en más de 200 países (Troitino, 2017).

Reflexión

La historia y leyendas sobre la kombucha a través del tiempo son una evidencia de que los alimentos que consumimos se convierten en parte de la identidad cultural.

Esperamos que, a través de este texto, conozcas un poco más sobre esta bebida; tal vez despierte tu curiosidad y quieras probarla o hasta hacerla en casa, generando un nuevo pasatiempo en tu vida y así haya más historias alrededor de un fermento.

Referencias

- Batista, P., Rodrigues, M., Pintado, M., & Oliveira, P. (2022). Kombucha: Perceptions and Future Prospects. *Foods*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/foods11131977>
- Crum, H., & LaGory, A. (2016). History and Legends of Kombucha. *Kombucha Kamp*. https://www.kombuchakamp.com/what-is-kombucha/history-and-legends-of-kombucha?srltid=AfmBOopjdVOXFwCaO8tB_CsolLZCUbbEkelBkKvcVSrg3dso3_NsNGx9
- Escalante-Aburto, A., & Ponce-García, N. (2024). Kombucha: Fortalecer el sistema inmune con bebidas fermentadas. *TecScience*. <https://tecscience.tec.mx/es/divulgacion-ciencia/kombucha/>
- Forbes, S. (2024). Mercado de la kombucha superaría los 4000 mdd en 2029: Reporte. *Forbes Mexico*. <https://forbes.com.mx/mercado-de-la-kombucha-superaria-los-4000-mdd-en-2029-reporte/>
- Grumezescu, A., & Holban, A. (2019). Production and Management of Beverages. Volume 1: The Science of Beverages. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02375-3>
- Katz, B. (2017). 2000-Year-Old Texts Reveal the First Emperor of China's Quest for Eternal Life. *Smithsonian magazine*. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/2000-year-old-texts-reveal-first-emperor-chinas-quest-eternal-life-180967671/>
- Kombutea. (2019). Чайный гриб: История происхождения и развития (Kombucha: Historia y desarrollo). <https://kombutea.ru/articles/chajnyj-grib-istoriya/>
- Troitino, C. (2017). Kombucha 101: Demystifying the Past, Present and Future of The Fermented Tea Drink. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/christinatroitino/2017/02/01/kombucha-101-demystifying-the-past-present-and-future-of-the-fermented-tea-drink/#74d7c8b44ae2>
- Williams, J. (2024). First kombucha [Blog]. A thirst for first. The extraordinary origin stories of ordinary drinks. <https://www.athirstforfirsts.co.uk/post/first-kombucha>
- Williamson, K. (director). (2019). Kombucha en México-La Semilla Colectivo con Jaime Carral [Video recording]. https://www.youtube.com/watch?v=jX5hdj_MZ7M
-
- Q.A. Alma Cristina Arellano García.** Estudiante del programa de maestría en Biotecnología Productiva en el Instituto Politécnico Nacional, cuya línea de investigación se dirige al desarrollo y aplicación de biopolímeros como la celulosa microbiana.
Email: aarellano2401@alumno.ipn.mx
- Dra. Julieta Salomé Veloz Rendón.** Investigadora y docente en el Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional. Su línea de investigación se enfoca en Biotecnología ambiental y agrícola, enfocada en el control biológico en cultivos de interés comercial y desarrollo de nuevos productos. Email: jvelozr@ipn.mx.
- Dra. Maribel Flores González.** Investigadora y docente en el Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional. Su línea de investigación se centra en Biotecnología Aplicada al Biocontrol, Agricultura Sostenible y Biotecnología Agroambiental. Email: mfloresgo@ipn.mx

¿QUÉ LEO?

"GRACIAS, GUSANO"

Santiago Flores y de Hoyos



Resumen

El físico holandés Lorentz organiza una reunión imaginaria con grandes mentes de la ciencia y el pensamiento. En un diálogo dinámico y apasionado, figuras como Ludwig Boltzmann y Niels Bohr reflexionan sobre el legado científico de Dinamarca y Europa. Surgen referencias a personajes como Tycho Brahe, Hans Christian Ørsted, Ludvig Lorenz y Søren Kierkegaard, así como al impacto político e intelectual del Manifiesto Comunista de Karl Marx y Friedrich Engels. La conversación conecta los avances científicos con los cambios sociales impulsados por la Revolución Industrial, destacando el papel de la máquina de vapor de James Watt y el surgimiento de la termodinámica. Boltzmann explica cómo esta disciplina, junto con la teoría atómica y el concepto de azar, le permitió comprender el vínculo entre el mundo microscópico y el macroscópico. El cuento combina ciencia, historia y filosofía en un encuentro imaginario que revela cómo las ideas transforman la comprensión del universo.

Soy Lorentz, y me auto propuse para ser el anfitrión de esta reunión tan peculiar con personajes de alta imaginación. No tengo ni la más peregrina idea de quiénes asistirán, unos habrán rechazado la invitación tan sólo verla, otros, que no querían perdérsela por nada, tal vez no puedan venir. Veamos qué sucede.

—¡Te lo digo yo! Los daneses han visto nacer individuos con diversas capacidades para imaginar los caprichos de la naturaleza de su territorio cercano, y, déjame llamarlo así, Niels, ultra lejano, o sea, el cosmos Boltzmann le dijo enfáticamente a Bohr mirándolo fijamente a los ojos ¡Óyeme bien! el macro tanto como el microcosmos.

Niels Bohr sonriendo le respondió:

—Antes de responderte, quiero agradecer a nuestro anfitrión, el destacado físico holandés, el señor Lorentz. Ahora bien, Ludwig, pienso que no deberías exaltarte tanto. Mira, no puedo negarlo, incluso yo podría agregar que a un famoso danés del siglo XVI le dio por la astronomía, se llamaba Tycho Brahe; los físicos Hans Ørsted y Ludvig Lorenz, que algunos confunden con nuestro anfitrión. Lorenz enriqueció los conocimientos de la gente del siglo XIX en termodinámica, óptica y electricidad.

—¡Qué bueno que lo sepas! Y mejor que lo expreses en voz alta. Ørsted se inclinó por estudiar en profundidad, durante los siglos XVIII y XIX, qué tanto se relacionaban la electricidad y el magnetismo. Sus investigaciones lo llevaron a ser uno de los principales conocedores del electromagnetismo. En el segundo, Lorenz enriqueció los conocimientos del siglo XIX sobre termodinámica.

—Estimado Boltzmann, no sólo Dinamarca le regaló científicos al mundo, sino también personajes como Søren Kierkegaard, filósofo existencialista del siglo XIX. En 1848 el Manifiesto Comunista vio la luz en Londres, esa síntesis de la lucha de la clase obrera y su historia pertenecía a Karl Marx

y Friedrich Engels... Las convulsiones políticas eran el correlato de las transformaciones sociales producidas por la Revolución Industrial, que avanzaba espoleada por los desarrollos científicos y técnicos...

–Veraz, la demanda de carbón aumentaba y, con ella, la necesidad de máquinas más eficientes. Gracias a las investigaciones de James Watt a finales del siglo XVIII se sabía que la mayor parte del calor generado por la combustión se desaprovechó sin que sirviera para producir trabajo útil... Esa nueva disciplina adoptó su forma definitiva durante la década de 1860 bajo el nombre de ‘termodinámica’. Fue uno de los tres pilares que necesité para desarrollar mi tesis, que permitirían explicar el comportamiento de cuerpos macroscópicos a partir de sus elementos microscópicos. El segundo pilar fue la teoría atómica, y el tercero, la noción de azar, que jugaría un papel central a lo largo de toda mi existencia.

–¡Hola! ¡Soy Isaac! ¿Me he perdido de algo?

Más de dos voltearon a ver a Newton sin poder evitar recordar qué pasó treinta años y un poco más en el Colegio de La Trinidad de la Universidad de Oxford, ocultando hipócritamente que era un ferviente seguidor de las doctrinas arianas, que afirmaban que el Hijo fue creado por el Padre como un mero agente en la Creación, que no era de la misma substancia que Él. Bohr y Boltzmann pusieron tales caras no ausentes de murmullos altisonantes, el propio Einstein miró al inglés reprobatoriamente en silencio.

Lorenz se sintió obligado a intervenir, rompiendo con todo el protocolo propio de un anfitrión que se respete.

–Señores, les recuerdo que, de una forma u otra, todos los que estamos aquí somos porque así lo deseamos, poco o mucho. Entre los diversos gusanos realmente existentes, éste nos permitió llegar y nos dará permiso para salir, regresar a nuestros asuntos.

–¿De qué gusano habla, señor Lorenz? –preguntó Isaac Newton estupefacto– ¡Explíquese, al momento!

–Será mejor que se lo explique yo, estimado Isaac, –intervino Albert Einstein sin altanería y desparpajo en demasía para algunos– ponga mucha atención, estoy seguro que un hombre tan brillante lo entenderá, sin importar lo inverosímil que parezca a una mente educada, malamente, en entender el mundo sólo, y subrayó enfatizó la palabra ‘sólo’, mecánicamente, y como sí la única geometría posible fuera la de Euclides. Imagínate una manzana, tú manzana, con un gusano que quiere llegar lo más rápido posible al lado opuesto del que se encuentra. En vez de recorrer todo el camino por la superficie, cava un agujero lo más recto posible. Ahí lo tienes: tu manzana nos lleva al umbral de un mundo de conocimientos nuevos por explorar. En el que los científicos del siglo XXI apenas están incursionando. Los agujeros de gusano comenzaron como una solución a un dolor de cabeza científico como tu servidor... ¡Déjame continuar!... Después de revelar mi teoría general de la relatividad en 1915, quedé preocupado por un gran agujero en mi

argumento. Concebí una nueva teoría sobre todo el Universo, en la que también dije que cuando las estrellas colapsaban formaban agujeros negros. En esa época, y por varios años por venir se creía que los agujeros negros no existían, que eran artefactos de las matemáticas. Incluso yo pensaba así. Pero algo me molestaba: En el centro del agujero negro, alcanzabas la singularidad, el punto en el que toda la materia se comprime a tamaño cero y, por ende, densidad infinita...

—¡El cero! ¡Cómo me llamó la atención cuando me lo enseñaron! Recuerdo que ese día al salir de la Escuela del Rey, iba agradeciendo a los árabes por su sistema numérico, y de que aprendieron de los sabios indios sobre el cero.

Albert Einstein lo interrumpió:

—Mi querido Isaac, disculpame de que te hable de tú y por sacarte de la ignorancia europea. Nos enseñaron a ti y a mí que los indios llegaron a la conclusión de la necesidad del cero a mediados del siglo VI, pues te informo que mil años antes los mayas manejaban el cero en su cosmovisión del universo. Así, no es casualidad que poco hayas escuchado sobre los mayas, que poseían un universo de conocimientos tan vasto, sobre todo matemáticos, y fueron capaces, antes que nadie, de descubrir el concepto y la utilidad del número cero... A mí, como buen físico, no me gustaba algo que contenía materia, pero cuyo tamaño es cero. Es como cuando divides algo por cero en tu calculadora y te dice que cometiste un error. Con mi asistente, el físico estadounidense-israelí Nathan Rosen, publicamos un artículo en el que señalamos

que, si se modifican ligeramente las matemáticas, esa singularidad se convierte en un puente que conecta el centro del agujero negro con otro lugar, quizás con otro agujero negro o incluso con un agujero blanco.

—¿Agujero blanco? —preguntó Newton asustado

—Antes de darles la palabra a Gödel y a Leibniz, que no se aguantan para expresar su opinión, quisiera intervenir —todos voltearon a ver a Schrödinger—. Si un agujero negro es algo que absorbe todo: la materia e incluso la luz que cae en él no vuelven a salir. Un agujero blanco es lo opuesto: no se traga nada, sino que escupe todo. La idea era que quizás todo lo que caía en un agujero negro era expulsado al otro extremo, que era un agujero blanco. Si vamos a hablar con seriedad a esto, se le tiene que llamar puente Einstein-Rosen, no sólo es el nombre original de los agujeros de gusano, sino el más justo y me atrevo a decir el correcto... aunque aceptó que el nombre coloquial es muy atractivo.

Albert Einstein volvió a tomar la palabra, interrumpiendo sin intención a su gran admirador Erwin Schrödinger.

—Si le ponemos atención a mis ecuaciones de campo se puede vislumbrar algo maravilloso... ¿cómo decirlo? ¡Ah! miren ustedes, en especial tú, Newton pon mucha atención, acabo de recordar a Kip Thorne, que se le conoce en el mundo como uno de los expertos que van a la cabeza en relación con la Relatividad, me encanta decirlo, no fui el primero en decirlo, pero Kip al no tener nada que hacer se puso a jugar con mis ecuaciones de campo y fue entonces que le saltó

a la cara la imagen de un agujero de gusano transitable, escúchenlo bien, completamente nuevo. Miren ustedes, no podemos negar que toparse con un atajo en el espacio a través del cual se puede llegar a lugares que nos quedaban a años luz es raro, lo es más la propiedad que se deja ver gracias a mi teoría general de la relatividad; esa propiedad es el poder también viajar en el tiempo, el que estamos juntos ahora mismo.

–No lo puedo creer –espetó Newton–
¿Cómo se hace?

Sonriendo, Schrödinger, habló:

–Isaac, alguien lo dijo ya de esta manera, palabras más palabras menos, que, si eres capaz de crear dos extremos de un agujero de gusano que enlazan dos espacios, y tomas uno de esos extremos y lo mandas en un viaje a la velocidad de la luz, lo que estarías haciendo es enviarlo al futuro. Tendrías un agujero de gusano que no solo te llevaría de un lugar a otro, sino también de una época a otra. Así, podrías viajar del presente al futuro, no al pasado. Puedes irte de visita al futuro y volver al presente... no puedes irte a antes del momento en el que creaste tu agujero de gusano, pero sí volver a ese momento, señaló ese alguien que era cosmólogo. Pero desde el punto de vista de la Física, la línea temporal está protegida: no puedes cambiar algo que ya pasó porque, por definición, ya sucedió. Sin embargo, hay una manera de cambiar el pasado: produciendo otro universo, que es parte de un multiverso que contiene todas las diferentes versiones del resultado que tus acciones han creado. Según la Física, eso es perfectamente factible.

De pronto, Erwin se quedó viendo a ningún lado, su mente revolotea junto con la materia y la luz, cuando los físicos buscaban con afán ese territorio sin mapas que les permitiera a los átomos ya las ondas electromagnéticas mostrar sus relaciones clara y desenvuelta mente. Por caprichos del destino dieron con que si un horno se calienta a cierta temperatura y lo mantienen aislado de sus alrededores, al alcanzar el equilibrio, en su interior se desarrolla un espectro de radiación universal, es decir que solo depende de la temperatura, sin importar forma, tamaño ni el material de sus paredes internas; a la misma temperatura su espectro no sólo es igual, es idéntico. Reflexionó que dado que según se eleva la temperatura, la longitud de onda máxima se acorta, las longitudes de onda cortas se asocian a grandes energías, igual que una temperatura alta. Se acordó de lo altamente relevante por lo que tuvo que enfrentar Max Planck con estos problemas con el horno. La energía disponible la tuvo que repartir entre los osciladores de las paredes y la radiación interior.

Schrödinger no fue el único que pensaba en esto, varios sabían que Planck tuvo que trocear la energía en pequeños paquetes, y si se pensaba como siempre se había pensado se llegaba a un resultado inaceptable, que si se abría el horno se escaparía una ráfaga asesina de rayos ultravioleta.

–Es lo que yo llamé después cuantización al proceso de división que hizo Max –gritó sin querer Einstein– lo llamé así porque a cada trozo de energía lo bauticé ‘cuanto’. El buen Planck trajo durante mucho tiempo una cara de perplejidad que parecía que

no perdería nunca, lo que no evitó que poco después de haber presentado sus conclusiones nadie objetó la propuesta de llamar a la maravillosa constante de proporcionalidad, constante de Planck.

Gracias a todos estos términos la mecánica cuántica puede hablarse de ella con claridad –Pensó Erwin, y tomó la palabra:

–Para ser justos, citaré a Albert y un malestar de índole conceptual: “La energía de un cuerpo ponderable no puede descomponerse en un número arbitrario de partes, arbitrariamente pequeñas...”

Se levantó Einstein y les recordó a los presentes que había dicho en muchos foros que sólo vista desde muy lejos, una densidad alta de cuantos luminosos adopta el contorno familiar de una onda clásica, maxwelliana.

–Te repito, Albert, lo que te dije en Princeton en mil novecientos treinta y tres cuando nos presentó el químico alemán Paul Oppenheim y hace un momento que nos saludamos, es un placer verte. Te recuerdo que, o probablemente sí te acuerdes, que en el primer artículo que escribí en mil novecientos cuarenta y nueve, donde propuse una solución a tus ecuaciones; describí un universo en rotación, homogéneo, cerrado y estable, o sea que no se está expandiendo, con las líneas del tiempo cerradas, que podrían permitir viajar en el tiempo y dentro de este universo, el tiempo no existe, en el sentido habitual, porque el pasado y el futuro no serán diferenciables.

–Claro que me acuerdo, Kurt, él más que memorable ‘universo de Gödel’ te pertenece por completo, coincide con mis ecuaciones, es cierto, pero no describe el universo real, aunque debo decir aquí que te agradezco infinitamente hayas dedicado a mi obra en aquel artículo tuyo en el que resaltamos la relación entre la teoría de la relatividad y la filosofía idealista. Tu segundo artículo sobre la relatividad lo escribiste en un lenguaje desprovisto de toda fórmula matemática y accesible al gran público, hablas de ciertas consecuencias filosóficas que se pueden extraer de mi teoría de la relatividad. Pero lo tuyo, pienso yo, se representa y condensa, por decirlo de alguna manera, en tus dos teoremas sobre la incompletitud. A los demás les recuerdo o desempolvó algunos conceptos. Les pido disculpas, pero mejor empiezo de una vez. Nuestro amigo Kurt dijo que si tomamos como axiomas no importa que el conjunto de enunciados aritméticos verdaderos y exigimos que las demostraciones efectuadas a partir de estos sean verificables con la ayuda de un algoritmo, entonces existirá al menos un enunciado verdadero que no podrá ser demostrado a partir sus axiomas. Querido Gödel corrígeme si me equivoco, tu segundo teorema de la incompletitud lo presentaste en el mismo documento diciendo: la imposibilidad de verificar con la ayuda de un algoritmo la veracidad de un conjunto de axiomas aritméticos. Una consecuencia de tus teoremas es que no existe algún algoritmo que pueda verificar dentro de todos los casos la veracidad o la falsedad de un enunciado aritmético. En otros términos, no po-

dremos jamás programar una computadora que pueda demostrar todas las conjeturas de la aritmética.

El que fuese historiador, ingeniero de minas, poeta, inventor, geólogo, diplomático, músico, alquimista, agricultor bibliotecario Gottfried Wilhelm Leibniz, –a quien todos conocen por sus trabajos filosóficos y científicos, en particular matemáticos– tomó la palabra:

–Esta singular reunión me recuerda aquellas sociedades científicas del siglo diecisiete; la primera que fue conocida como un lugar de encuentro de intelectuales, se intercambiaban experiencias y conocimientos, tuvo por nombre Academia de los linceos, empezó a funcionar hasta mil seiscientos treinta, veintisiete años después de ser fundada, no me pregunten por qué. El más celebre miembro fue Galileo. Ya no en Roma sino en Florencia crearon la Academia de la experimentación que duró solamente diez años, del cincuenta y siete al sesenta y siete de ese siglo, supongo que algo hicieron mal los alumnos de Galilei, el físico Torricelli, inventor del barómetro, y el matemático Vincenzo Viviani.

Newton se levanta de su asiento–

–Para allá voy, Isaac... dos grupos ingleses, de Londres y Oxford, se fusionaron en mil seiscientos sesenta para crear la Royal Society. En Francia se fundó la Académie des sciences de París, la principal sociedad científica de la época. Estas dos prosiguen con sus trabajos todavía el día de hoy en que estoy hablando. Bien, tengo que decirlo de la mejor manera de que soy capaz; siempre se ha dicho

que Newton fue el primero en desarrollar las técnicas del cálculo y que yo fui el primero en publicar los principios y los resultados. Ambos nos apoyamos en los mismos predecesores, en Descartes, en Fermat, en Cavalieri, en Pascal, etcétera, aunque trabajamos cada uno por nuestro lado. Es una lástima el enredo que se armó en torno a la paternidad del cálculo infinitesimal, para mí lo más doloroso fue que el discípulo de Isaac, Nicolas de Duiller me acusó de plagio, mentira infame, me lastimó mucho más que la Royal Society haya fallado a favor de Newton. Terminó, trayendo a la memoria de todos los presentes, el inmenso trabajo de enriquecimiento y fortalecimiento de mi método realizado por los hermanos Jacques y Jean Bernoulli, quienes fueron los primeros en utilizar el nuevo cálculo para resolver problemas físicos.

Isaac Newton, guardó silencio mostrando su respeto por Leibniz.

Se hizo un silencio que subrayó la aparente congelación de las mentes ahí reunidas. El nerviosismo de Niels Bohr lo obligó a saltar de su asiento, y sin más decir:

–Una más de las múltiples aportaciones que el admirable Leibniz le dio al mundo fue una que yo calificaría como única, me refiero a su osadía de relacionar al sistema numérico binario con los ocho trigramas posibles del libro canónico chino, el libro de los cambios. Recordemos que Gottfried es un singular estudioso de la cultura china. Los unos y ceros, para él, son equivalentes a las líneas continuas y las discontinuas.

Alguien sin levantarse dijo con ironía:

–Niels, ¿dirías que es como un salto cuántico de tu modelo atómico?

Bohr se sentó sin contestarle. Se le vino a la mente que hubo un momento en que lo único que él venía haciendo era imaginar el átomo como un sistema planetario en el que el electrón, el planeta, tenía un estado intocable, era privilegiado ese estado en el que se encontraba el electrón. Niels se excitó, similar al momento en que concibió que para que todo concordaba, los electrones no podían tener una posición intermedia, o tenían una cierta energía concreta, en su cabeza visualizó una escalera, los electrones estaban en un escalón o en otro, no sin apoyo. La limitación estaba en que el electrón no viajaba de un escalón al otro, tenía que desaparecer de un nivel, y aparecer en otro nivel de energía.

–¡Planck! –gritó, y volvió a callar, la distancia entre un peldaño y otro era la constante de Planck, sus reflexiones silenciosas daban solidez a que los saltos eran múltiplos de la constante de Planck, ya fuesen a niveles menores o aumentos en la energía electrónica– ¡Planck!

Otro, se entusiasmó tanto que a su vez exclamó:

–Niels, el espectro del átomo de hidrógeno recorre este recinto gracias a tu modelo, el primero explicarlo con todo detalle, y lo más relevante, la explicación es cuantitativa.

Einstein tomó la palabra:

–Niels, como siempre, vuelvo a aplaudir tu contribución tan molesta para algunos, incluyéndote a ti mismo. Tu gran amigo Arnold Sommerfeld te echó el hombro al

sugerir que la órbita circular es tan sólo un caso particular de las elípticas, y no contento con esto enriqueció el carácter cuántico de tu modelo, y que con toda justeza a partir de entonces todos nos referimos al modelo Bohr-Sommerfeld, al incorporar otra restricción; la excentricidad de las órbitas elípticas, tenían que corresponder con una órbita que poseyera un momento angular múltiplo de la constante de Planck. Es por eso que según yo el comportamiento de los cuerpos cargados eléctricamente sufren variaciones al ser acelerados o desacelerados. El fenómeno de la línea doble del espectro que tu modelo inicial no explicaba, el nuevo modelo resolvió el enigma de las líneas espectrales dobles y triples en un mismo nivel de energía; ocurrían por las diversas excentricidades, amén de que las órbitas no eran estáticas dado que su eje giraba, y ya ves, apareció otro número cuántico. Me callo.

–Querido Albert, tu distracción te precede, –Era Erwin Schrödinger quien hablaba– tu ecuación relativista hizo que todos notamos que la energía implica la presencia de masa, de aquí vino la inquietud experimental, se lanzaron proyectiles luminosos contra los electrones y desviar su trayectoria, Compton, por ejemplo, usó rayos X para ametrallar átomos.

En el lugar se hizo un silencio de largos segundos, el silencio encerraba las diversas y encontradas formas de pensar y concebir el comportamiento del universo, macro, meso y microscópico. Hablando de bombardear a la materia, todos sabían que desde el siglo XIX, cuando se encerraban gases en ampo-

llas de vidrio con electrodos metálicos en los extremos, lo hicieron con hidrógeno, helio, kriptón, vapores de mercurio y sodio. Se iba aumentando la tensión eléctrica hasta lograr un resplandor intenso, se hacía pasar a través de un prisma esa luz. El resultado era una sucesión de líneas delgadas, de diversos colores, separadas por franjas negras.

Niels Bohr rompió el silencio:

–Tengo que decir que el espectroscopista Hansen fue quien me incitó al preguntarme qué por qué no intentas explicar la fórmula de Balmer. Después de un tiempo se me ocurrió el modelo del átomo que daba algunas respuestas sobre cómo la materia emite y absorbe luz.

Lo que ahora era inevitable era que la charla tomara el camino de espiar la ecuación de onda de Schrödinger, y su famosa función psi. Su ecuación describe fenómenos insospechados en el momento en que fue formulada por él. Los superfluidos, los superconductores, el efecto túnel, etcétera.

–Me halagó y divertió mucho cuando Max Planck me confesó que como un niño impaciente había leído mis artículos, que como un niño escuchó la solución a una adivinanza que no había resuelto desde mucho tiempo atrás.

Einstein habló de nuevo:

–Erwin, tu trabajo surgió de un golpe de un auténtico genio

–Confieso que como a otros físicos, las palabras de Werner Heisenberg me sacaron de mis casillas, y empezó incluso meses antes de que presente mi ecuación de ondas.

La atmósfera se impregnó del terrible choque entre la discontinuidad y lo corpuscular contra lo ondulatorio y la continuidad. Muchos trajeron a su mente la aparición en escena de Max Born quien despejará la incógnita de psi

Éste en una ocasión dijo:

–... ya era posible contabilizar las partículas mediante el contador de centelleos o con ayuda del contador Geiger...

En realidad, la respuesta al secreto mejor guardado de la ecuación de ondas no estaba en psi.

–Erwin se sabe que tu ecuación casi presume una raíz cuántica demasiado fuerte, que había que trabajar en su pulido para darle sentido

Gödel, con su peculiar voz y tono, dijo:

–En el caso más general, la solución de tu ecuación es un número complejo, con la maravillosa raíz cuadrada de menos uno, a bote pronto diría lo cuántico se complica, es más agregó lo obvio, desde que Arquímedes caminaba por la tierra o antes no se conocía ninguna magnitud física que fuese compleja.

Newton llevaba mucho tiempo sin hablar, finalmente lo hizo.

–He tenido suficientes años para pensar, sin ser totalmente neutral en esta confrontación, sacó a la luz algo que de seguro no pocos conocen muy bien, Max Born dio una conferencia días antes de recibir el premio Nobel, en ella reconoció con elegancia que su interpretación estadística no logró convencer a los más importantes personajes, el propio Planck siempre fue escéptico,

los aquí presentes Albert y Erwin, así como Louis De Broglie no paran de insistir en lo más insatisfactorio de la mecánica cuántica, haciendo un llamado a recuperar mi física, dieron rutas para no contradecir los hechos experimentales.

–¿Sabes Erwin? Aún recuerdo como si hubiera sido ayer la temporada que pasaste en mi casa –dijo Bohr, con nostalgia.

–Igual yo, Niels, igual yo. Nuestras discusiones empezaron desde el momento que nos vimos en la estación de Copenhague, nunca pararon hasta el día que regresé a casa.

–A pesar de tu siempre amable asedio de tu dialéctica danesa, admito que pudiste con mis objeciones y, en su momento con todas las de Albert, a pesar repito de eso mi estancia en tu casa fue una experiencia inolvidable. Y Heisenberg se mantuvo en segundo plano, respetó nuestras discusiones.

Después de lo que éste le escribió Linus Pauli en una carta, Heisenberg publicó un artículo con parte del contenido confiado a Pauli, artículo que representó el último clavo en el ataúd de la mecánica clásica, respaldó a la interpretación estadística del cuadrado de psi, al tiempo que abofeteaba a los caballeros del continuo.

–Mi dinámica se basó en que se puede determinar en todo momento la posición y la velocidad de un cuerpo con una precisión arbitraria –Admitió Newton– Sin embargo, la partícula y el fotón son dos objetos cuánticos que se hablan de igual a igual.

Aunque en ese momento Einstein debió tomar la palabra, alguien más intervino.

–En el ámbito atómico, el único modo que tenemos de conocer es medir, y medir implica perturbar. Hay que admitir que la naturaleza se confabula de tal manera que la energía que permite definir los detalles de la trayectoria del electrón lo perturba hasta el punto de deslocalizar y la energía que respeta su recorrido no proporciona suficiente resolución para distinguirlo.

–Así, aquí ante todos admito, yo Albert Einstein, que mis argumentos fracasaron ante el principio de incertidumbre de Heisenberg.

El fantasma de un gato recorrió el gusano, era el mítico gato de Schrödinger.

–Tengo frío.

–El frío no existe –afirmó Ludwig Boltzmann.

–Cálmate, Ludwig, vete con tiento, –le dijo Einstein– con esa afirmación pareces ingeniero, y con eso no quiero negar que estés en lo cierto. Vayámonos despacio, porque, al menos yo, tengo prisa. Tu más que famosa, poderosa expresión que le enseñó al mundo que la entropía es directamente proporcional al logaritmo del número de microestados compatibles con el macroestado, el vulgo dice que la entropía es una medida del desorden de un sistema. Yo diría, con muchos otros, Boltzmann, que el desorden es un concepto algo arbitrario.

Ludwig Boltzmann pareció no hacer caso o de no haber escuchado a Einstein, porque comentó algo muy curioso:

—Uno puede especular con que el universo como un todo está en equilibrio térmico y, por lo tanto, muerto, pero habrá desviaciones locales del equilibrio que se pueden dar durante el tiempo relativamente corto de unos cuantos eones. Para el universo como un todo, no hay distinción entre las direcciones “adelante” y “atrás” del tiempo, pero para los mundos donde existan seres vivos, y que por lo tanto se encontrarán en estados relativamente improbables, la dirección del tiempo estará determinada por la entropía creciente, procediendo de estados menos probables a más probables.

—Mira, querido Ludwig, te diré algo sobre mi teoría de la relatividad general que ya he dicho antes, es difícil que nadie que de verdad la entienda sea capaz de escapar al encanto de ella. Y la otra verdad que diré con mayor énfasis es que tengo mucha hambre.

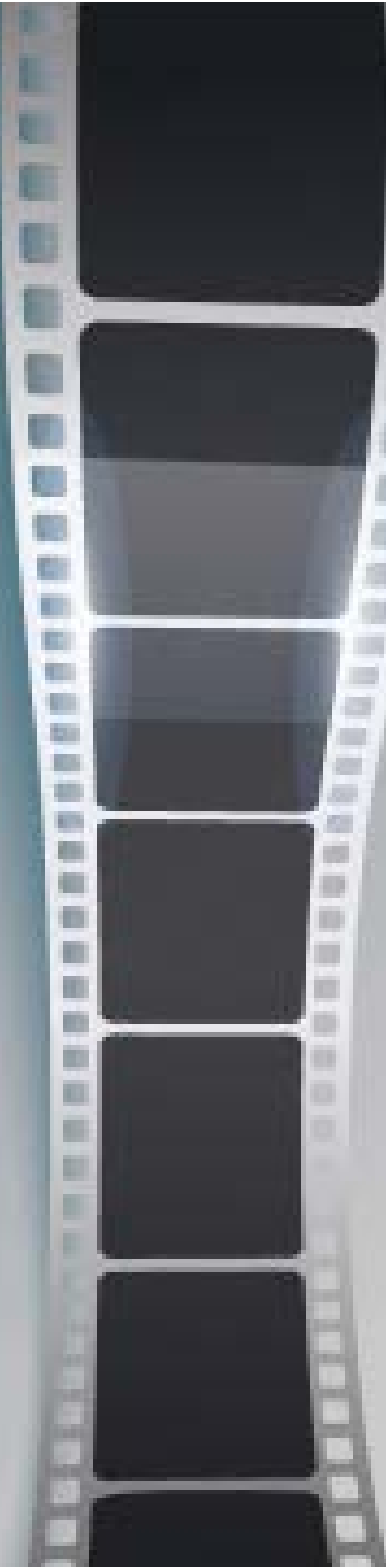
—¡No estás sólo! —afirmaron muchas voces.

OBJETOS EN MESA DE SALA

Es una mesa cuadrada, de esas que combinan madera con vidrio, que fue diseñada para que nueve vidrios, también cuadrados, junto con la madera sostuvieron los objetos que los dueños desearan colocar sobre ella y adornar así su sala.

Santiago Flores y de Hoyos. Estudió Ingeniería Química en la Facultad de Química en la UNAM. Fue delegado al Consejo Nacional de Huelga por la Facultad de Química en 1968. Trabajó 27 años en la UNAM (oct 1969 – 1997) en la ENP-8, CCH-N, ENEP-C, FES-C, FQ. En 1979 obtuvo una Maestría en Ciencias (M. Sc.) en Reading University de Inglaterra con Studies of air-drying of frozen vegetable slabs. Se doctoró (Ph.D.) en febrero de 1985 en la University of Massachusetts de los EU de Norteamérica con la disertación doctoral Analysis and Simulation of Countercurrent crossflow Belt Extractors. Fue Subdirector y Director Técnico en los seis años que trabajó para los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial, LANFI (1986 – 1992), y diez años en el Instituto Mexicano del Petróleo, IMP (1998 – 2007)





De la realidad al cine y del cine a la biotecnología

Elena Schrodinger Jiménez Gallardo
y Ricardo Martín Castro Acosta

Resumen

La pandemia de COVID-19 acercó la biotecnología al público en general, mostrando su papel crucial en el desarrollo de vacunas y tratamientos innovadores. Sin embargo, su impacto va mucho más allá de esta crisis sanitaria. La película ***Extraordinary Measures*** relata la historia real de John Crowley, quien, tras el diagnóstico de la enfermedad de Pompe en dos de sus hijos, impulsó el desarrollo de una terapia de reemplazo enzimático. Gracias a la producción biotecnológica de la enzima alfa-glucosidasa en cultivos celulares, fue posible ofrecer un tratamiento que cambió el pronóstico de esta enfermedad genética rara. El proceso implicó investigación, ensayos

preclínicos y fases clínicas rigurosas. Esta historia demuestra que la biotecnología no solo es una ciencia avanzada, sino también una herramienta concreta de esperanza y transformación social.

La industria farmacéutica -todo aquello que trabaja con moléculas de síntesis, extractos, compuestos químicos- y su hermana más joven, la industria biofarmacéutica, han sido pilares fundamentales en la historia de la humanidad. Al igual que la alimentación y la energía, que forman parte de lo que sostiene literalmente nuestra vida. Sin embargo, seamos honestos: muchos no dimensionamos su impacto real hasta que llegó la pandemia de COVID-19.

No hablo por todos, desde luego. Quienes ya estábamos involucrados conocíamos el alcance de la ciencia y la versatilidad de estas herramientas. Pero para millones de personas, aquel fue el primer contacto cercano con términos como “ARN mensajero”, “anticuerpos monoclonales” o “vacunas recombinantes”. De pronto, la biotecnología dejó de ser un concepto lejano para convertirse en una palabra cotidiana.

Aunque la industria farmacéutica tradicional ya ocupaba un lugar en el imaginario colectivo, la biotecnología seguía siendo, para muchos, una desconocida. Hoy, incluso en países como México, suele generar temor y confusión — incluso dentro del propio sector salud — por considerarse “demasiado compleja”. Sin embargo, ese halo misterioso forma parte de su belleza. Dejaremos la complejidad técnica para otra ocasión, en este

texto queremos abrir una ventana accesible a su impacto humano, a través de una historia que combina ciencia, emprendimiento, familia y esperanza.

El COVID-19 puso a la biotecnología en el centro de la conversación global. Noticias, periódicos, redes sociales dieron espacio a científicos y científicas para explicar, con claridad y urgencia, qué es y qué logra la biotecnología. ¿Qué estamos haciendo con ella? ¿Cuándo estarán listas las vacunas? ¿Qué tan efectivas serán?

La pandemia despertó una curiosidad colectiva por esta disciplina, pero eso apenas fue la superficie de algo más profundo. Pero, hay que decirlo: eso fue apenas la punta del iceberg. Podríamos hablar extensamente sobre vacunas, pero hoy queremos recorrer otro camino: una historia real que no solo une ciencia e innovación, sino también esperanza, amor y lucha. Un caso real que llegó hasta la pantalla grande con una fuerza conmovedora -y ojalá algunos de ustedes ya la hayan visto; si no, aquí se la contamos. Se trata de **Extraordinary Measures** (Medidas extraordinarias).

Basada en hechos reales, **Extraordinary Measures** (2010), protagonizada por Brendan Fraser y Harrison Ford, narra cómo la vida de John Crowley, un ejecutivo farmacéutico, da un giro radical cuando dos de sus tres hijos son diagnosticados con la enfermedad de Pompe. Esta condición genética, extremadamente rara, afecta principalmente a los músculos y al corazón, debilitándolos de forma progresiva hasta que dejan de funcionar. Sin tratamiento, puede ser mortal.

Aunque durante años se pensó que afectaba a 1 de cada 40,000 nacimientos, estudios recientes muestran que su prevalencia real podría ser mucho mayor: aproximadamente 1 de cada 18,711 nacimientos en el mundo, es decir, unos 5.3 casos por cada 100,000 personas (Colburn y Lapidus, 2024).

Una solución biotecnológica que devolvió la esperanza

En ese momento (hablamos de principios de la década de los 2000, específicamente entre 2003 y 2005) no existía un tratamiento eficaz para cambiar el curso de la enfermedad de Pompe. Los médicos solo podían ofrecer cuidados paliativos: fisioterapia, soporte respiratorio, y nutrición especializada. Estas medidas ayudaron a mejorar la calidad de vida, pero no podían detener la progresión ni evitar el desenlace fatal de la enfermedad.

John Crowley, al enfrentarse al diagnóstico de sus dos hijos menores, Megan y Patrick, ambos con la forma infantil severa de la enfermedad, decidió dejar su trabajo y fundar una empresa biotecnológica. Su objetivo era claro: acelerar el desarrollo de un tratamiento que les salvara la vida. Fue así cómo se alió con el Dr. Robert Stonehill -personaje ficticio basado en el científico William Canfield-, quien llevaba años investigando la enzima alfa-glucosidasa, la misma que el cuerpo necesita para degradar el glucógeno. En pacientes con Pompe, esta enzima es deficiente o no funcional, lo que provoca una acumulación tóxica de glucógeno en los te-

jidos, especialmente en el músculo y el corazón. Esa acumulación progresiva es la que causa daño severo y, eventualmente, la falla de múltiples órganos.

Gracias a la biotecnología, fue posible producir esa enzima en células CHO (*Chinese Hamster Ovary*, por sus siglas en inglés), auténticos “caballitos de batalla” de la industria biotecnológica, junto con otras líneas celulares como HEK o NS0. Una vez purificada, la enzima podía administrarse a los pacientes como tratamiento. Este enfoque se conoce como terapia de reemplazo enzimático (ERT, por sus siglas en inglés).

Y es importante decirlo: no era una versión artificial, sino la misma enzima natural, biológicamente idéntica a la humana, fabricada con precisión y bajo estrictos estándares en el laboratorio. Aunque esta estrategia terapéutica era muy prometedora, el camino estaba lejos de ser sencillo. Antes de que pudiera utilizarse en humanos, debía probarse en estudios rigurosos que confirmaron dos cosas: que funcionaba y que era segura. Así comenzó un largo y estructurado proceso de desarrollo preclínico y clínico que marcaría un antes y un después en la historia de la medicina biotecnológica.

¿Cómo llega una molécula del laboratorio al paciente?

Antes de decirles cómo proseguía la historia, primero tenemos que contarles cómo es que una molécula biotecnológica se convierte en un medicamento aprobado,

y para ello se requiere un proceso riguroso que puede durar entre 10 y 15 años —a veces puede durar menos, pero depende de muchas cuestiones— y puede costar muchos millones de dólares —incluso miles de millones de dólares—.

Etapas clave del desarrollo:

1. Investigación y descubrimiento: Identificación de la molécula —en el caso de la película, la enzima alfa glucosidasa, GAA— y desarrollo del sistema de producción de cultivos celulares
2. Desarrollo preclínico: en donde buscamos demostrar que el producto va a ser seguro y no tóxico para ser usado en humanos -se realizan pruebas in vitro y en modelos animales (ratos modificados para imitar Pompe, incluso perros o primates), que evalúan seguridad, toxicidad, metabolismo y eficacia en función muscular-
3. Ensayos clínicos humanos (Kandi y Vadakedath, 2023):
 - Fase 0: microdosis (dosis muy muy pequeñas) en 10-15 voluntarios para ver comportamiento sin eficacia terapéutica.
 - Fase I: 20-100 personas sanas o, en ciertos casos, pacientes, para estudiar la seguridad y la dosificación.
 - Fase II: 100-300 pacientes con la enfermedad; se evalúan la eficacia inicial y los efectos adversos.

- Fase III: de cientos a miles de pacientes (500-3,000+), se compara con tratamientos existentes o placebo, se demuestra eficacia y se monitorean efectos raros.
- Fase IV (poscomercialización): vigilancia de seguridad a largo plazo en la población general.

Esperanza, ciencia y humanidad

Lo que vivieron Crowley y Stonehill no fue solo una historia de ciencia; fue una historia de amor desesperado, coraje inquebrantable y fe contra la adversidad. Cuando la muerte acechaba a sus hijos, lo arriesgaron todo: tiempo, dinero, estabilidad, reputación. Y no se detuvieron. Lo que comenzó como una lucha personal terminó por convertirse en una esperanza global.

Porque la biotecnología no es solo tubos de ensayo, proteínas y genes. Es también una madre sosteniendo la mano de su hija que por fin respira sin ayuda. Es un niño que puede levantarse y caminar. Es una familia que vuelve a hacer planes. Que vuelve a soñar.

En cada dosis de **alglucosidasa alfa** —el principio activo de *Myozyme* y *Lumizyme*— se concentra el trabajo de cientos de científicos, reguladores, clínicos, fabricantes, cuidadores y donantes. Hay años de ensayo y error, decisiones difíciles, noches sin dormir. Hay fracasos, ajustes, reintentos. Y hay vidas salvadas.

Extraordinary Measures nos recuerda que la biotecnología no es solo ciencia de frontera. Es, ante todo, **esperanza aplicada**. Una prueba de que lo imposible puede alcanzarse cuando la ciencia se encuentra con la voluntad. Con humanidad.

Gracias a esa enzima recombinante, niños con la forma infantil de Pompe —que antes no superaban los dos años de vida— hoy asisten a la escuela, aprenden a leer, respiran sin asistencia y celebran cumpleaños que antes nunca habrían llegado (World Pompe Organization, 2006).

Referencias

Colburn R., Lapidus D. (2024). An Analysis of Pompe newborn screening data: a new prevalence at birth, insight and discussion. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 2023.

Kandi V, Vadakedath S (February 16, 2023) Clinical Trials and Clinical Research: A Comprehensive Review. *Cureus* 15(2).

<https://worldpompe.org/archive/170-myozyme-approved-in-the-us/>

Dra. Elena Schrodinger Jiménez Gallardo.

Es médica especialista en Audiología, Otoneurología y Foniatría, con Alta Especialidad en Procesos Centrales de la Audición por el Instituto Nacional de Rehabilitación. Cuenta con experien-

cia en el diagnóstico y manejo integral de trastornos auditivos periféricos y centrales, alteraciones del equilibrio y problemas de la comunicación humana, sustentando su práctica en evidencia científica y tecnología diagnóstica avanzada. Su ejercicio profesional se distingue por un enfoque preciso, integral y humano, orientado a ofrecer diagnóstico oportuno y tratamiento individualizado para mejorar la calidad de vida de sus pacientes.

Dr. Ricardo Martín Castro Acosta es un experto en biotecnología con amplia experiencia en el desarrollo y evaluación de medicamentos biotecnológicos, así como en la conducción de estrategias regulatorias para su registro y comercialización en México y Latinoamérica. Ha colaborado activamente en comités científicos y foros académicos relacionados con la Farmacopea y la regulación de productos biotecnológicos, contribuyendo al fortalecimiento técnico del sector. Su perfil combina una sólida formación científica con visión estratégica, orientada a la innovación responsable y al acceso oportuno a terapias de alta especialidad. Asimismo, impulsa la divulgación científica como un puente entre la biotecnología, la regulación sanitaria y la sociedad.

DIRECTORIO

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Rector

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

Secretaria General

Mtro. Hugo Concha Cantú

Abogado General

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez

Secretario Administrativo

Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz

Secretaria de Desarrollo Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo

Secretario de Prevención, Atención y Seguridad

Universitaria

Facultad de Estudios Superiores Aragón

Dra. Araceli Romo Cabrera

Directora

Mtro. Manuel Silva Sánchez

Secretario General

Ing. Juan Carlos Ortiz León

Encargado del despacho de la Secretaría

Administrativa

Ing. Alexis Sampietro Pinto

Secretario Académico

Dra. María Magdalena Sarraute Requesens

Coordinadora de la Cátedra UNESCO Universidad e

Integración Regional, Sede México-FES Aragón, UNAM

Lic. Celia Ivonne Aguayo Morales

Responsable de Publicaciones

PaCiencia Pa'Todos, Año 10, No. 19, Enero-Junio de 2026, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, Av. Universidad Nacional s/n, Col. Impulsora, Nezahualcóyotl, Estado de México, C.P. 57130. Tel. 55 5817 34 78 ext. 1021

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

Correo electrónico: pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com

Editora responsable: Dra. María Andrea Trejo Márquez. Certificado de Reserva de Derechos de Autor 04-2023-070613182400-102, ISSN: 3061-8460, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María Andrea Trejo Márquez, fecha de última modificación: 1 de abril de 2026.

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

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



Atribución-No Comercial-Sin Derivadas

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

PaCiencia Pa'Todos

Cátedra UNESCO Universidad e Integración Regional

Dr. Axel Didriksson Takayanagui
Coordinador General

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

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

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

Dr. Andrés Felipe Mora, Universidad
Nacional de Colombia

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

Dra. Carmen Caamaño Morúa
Universidad de Costa Rica

Dra. Carmen Márquez
Universidad Autónoma de Madrid

#

¡CiΣntástico!



NO TE PIERDAS NINGÚN AVANCE!



@paciencia_patodos



@paciencia_patodos



@paciencia_patodos



PaCiencia Pa'Todos

Únete a nuestra comunidad científica en nuestras redes sociales y sé parte de descubrimientos fascinantes! Síguenos para estar al tanto de las últimas noticias, eventos y contenido exclusivo.