

Pregones *de Ciencia*



Por una cultura
científica común.
Revista multidisciplinaria
de ciencia y arte

No. 8



Pregones de Ciencia

Por una cultura científica común / Revista multidisciplinaria de ciencia y arte
NO. 8

Universidad Veracruzana

Editorial

Mesa Directiva

Rector

Dr. Martín Aguilar Sánchez

Secretaría Académica

Dr. Arturo Aguilar Ye

Fundador-Director Honorífico

Dr. Juan Ortiz Escamilla

Secretaría de Desarrollo Institucional

Dra. Jaqueline del Carmen Jongitud Zamora

Dirección General de Tecnología de Información

Dra. María Dacia González Cruz

Director de la Editorial

Mtro. Agustín del Moral Tejeda

**Director General de Investigaciones
y de Pregones de Ciencia**

Dr. Roberto Zenteno Cuevas

Responsable editorial

Editora responsable

Mtra. Roxana Ivette Zermeño Rivas

Diseño editorial

Mtro. Fernando Piña Campos

Instituto de Artes Plásticas

Diseño de portada

Dr. José Manuel Morelos

Instituto de Artes Plásticas

Colaboración de Ilustraciones

Gerardo Vargas

Instituto de Artes Plásticas

Fotografía y asistente editorial

LF. Sara Marquina Flores

Asistente editorial

Jessica Daniela Pineda Muñoz

Corrección de estilo

Miguel Ángel Durán Hernández

Alejandro Domínguez Huerta

Gabriela Sanfilippo Reyes

Imágenes generadas con Adobe Firefly

Pregones de Ciencia. Por una cultura científica común / Revista multidisciplinaria de ciencia y arte de la Universidad Veracruzana, **número 8, enero de 2026**, es una publicación semestral editada y distribuida por la Universidad Veracruzana a través de la Dirección General de Investigaciones, Calle Dr. Luis Castelazo Ayala, Industrial Las Ánimas, C.P. 91193 Xalapa-Enríquez, Ver., México. Con certificado de reserva de derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-031517364200-102 del 7 de febrero de 2023, expedido por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (Indautor). ISSN 3061-7898. Correo electrónico pregonesdeciencia@uv.mx y página web <https://pregonesdeciencia.uv.mx/index.php/pregones>. Director de la revista: Roberto Zenteno Cuevas. Editora responsable: Mtra. Roxana Zermeño Rivas. Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente la postura de los editores. La originalidad de los contenidos queda bajo estricta responsabilidad del autor. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización de la Editorial de la Universidad Veracruzana. Su consulta es gratuita.

<https://doi.org/10.25009/pc.vi1>

CONSEJO EDITORIAL

Dra. Adriana Sandoval Comte	Instituto de Ecología A. C. / México
Dra. Ahtziri Eréndira Molina Roldán	Universidad Veracruzana / México
Dr. Carlos René Rodríguez Garcés	University of Bío-Bío / Chile
Ed. José Israel Carranza	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente / México
Dra. Kathia Marcela Zaleta Rivera	Université de Tours / Francia
Ed. María Clara Diez	Universidad de Buenos Aires / Argentina
Dra. María Cristina Ortiz León	Universidad Veracruzana / México
Dra. Valeria Edelsztejn	Instituto Tecnológico de Buenos Aires / Argentina

COMITÉ CIENTÍFICO Y TÉCNICO

Dr. Ángel Rafael Trigos Landa	Centro de Investigación en Micología Aplicada
Dr. Francisco Díaz Fleischer	Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada
Dr. Jonathan Cueto Escobedo	Instituto de Ciencias de la Salud
Dr. Jorge Luis Arellanez Hernández	Instituto de Investigaciones Psicológicas
Dr. Arturo Guillaumín Tostado	Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales
Dr. Efrén Mezura Montes	Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial
Dr. Francisco Gabriel Hernández Zamora	Facultad de Matemáticas
Dr. Héctor H. Cerecedo Núñez	Facultad de Física
Dra. Carolina Barrientos Salcedo	Facultad de Bioanálisis
Dra. Clara Luz Sampieri Ramírez	Instituto de Salud Pública
Dra. Lourdes Budar Jiménez	Facultad de Antropología
Dra. Marcela Quiroz Castellanos	Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial
Dra. Martha Lorena Avendaño Garrido	Facultad de Matemáticas
Dra. Minerva Hernández Lozano	Facultad de Química Farmacéutica Biológica
Dra. Azminda Román Nieto	Museo de Antropología de Xalapa
Dra. Margarita Meza Manzanilla	Instituto de Antropología
Dra. Cynthia Maribel Palomino Alarcón	Editorial

Pregones *de* Ciencia



Sitio OJS: <https://pregonesdeciencia.uv.mx/>

Facebook: Pregones de Ciencia

Instagram: @divulgacion_dgi_uv

Escribenos a: pregonesdeciencia@uv.mx

Teléfono: 2288 418900 Ext. 13114

Dirección: Luis Castelazo Ayala, Industrial Las Ánimas, C.P. 91193
Xalapa-Enríquez, Veracruz de Ignacio de la Llave, México.

Reserva de derechos de autor exclusivo al nombre

Indautor: 04-2023-031517364200-102

Certificado de licitud de título y contenido e ISSN: 3061-7898.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Los textos publicados en esta revista son responsabilidad única de quien lo escribe y no reflejan, necesariamente, la postura de la Universidad Veracruzana ni de *Pregones de Ciencia*. Nuestro objetivo es la difusión del conocimiento científico y promover un debate crítico y constructivo. Por esta razón, invitamos a leerlos con detenimiento, analizar con profundidad y expresar con respeto sus opiniones.

Nota Editorial

Los diálogos en la ciencia, de lo pequeño y lo humano

En el devenir de nuestra vida, de manera callada pero impecable, suceden diálogos en escala microscópica; como en una semilla diminuta o en una intrincada palabra ancestral. Se trata de eventos y acontecimientos que tal vez ignoramos y que al conocerlos, simplemente, nos sorprenden. Podemos caracterizarlos como diálogos imperceptibles que se construyen en la naturaleza y en la sociedad, que se relacionan, transforman y que se encuentran en perfecto balance, listos para ser desvelados, para sorprendernos.

El presente número de *Pregones de Ciencia* nos brinda un maravilloso viaje que inicia dentro de nuestro cuerpo, donde los macrófagos actúan como eficaces centinelas para dar batalla a los enemigos invasores. Son células que después de escuchar a nuestro organismo toman la decisión de defender o reconstruir. Este es un claro ejemplo de un maravilloso diálogo en la inteligencia celular. Del mismo modo, se explora el fascinante mundo de las pupas, que en un intenso diálogo químico y físico con el exterior, interpretan las mejores condiciones ambientales o amenazas para el futuro de la larva que albergan. Igual de sorprendente es la gran hazaña de supervivencia que muestran las semillas más pequeñas del reino vegetal, la de las orquídeas, que en ese diálogo simbiótico con hongos, muestran lo complejo y eficaz de la vida en una mínima expresión.

Pero también podemos ser partícipes del diálogo que el hombre tiene con la naturaleza para la consecución de recursos. “Rojo vivo” nos enseña cómo el color tiene una asociación con las emociones y cómo se ha dado la extracción de este color en la naturaleza. Aunque, por otro lado, se habla de la química sintética, nos sorprenderán sus repercusiones en lo ambiental y en la salud, recordándonos que hoy el camino nos debe conducir hacia un tono más ético y sostenible de nuestra vida. En otro magnífico trabajo se nos comparte sobre la relación entre cultura y los insectos, un diálogo profundo que nos habla de sabiduría tradicional que, por cierto, urge rescatar con principios nutricionales y ecológicos.

De la misma manera se nos recuerda que el hombre tiene otro desafío: el de traducir palabras pero también cosmovisiones diversas; hoy nuestra lengua está cargada de herencia de las lenguas indígenas, sobre todo del nahuatl, con lo que se puede revitalizar lo que nos han dado los escritores indígenas.

Y dentro del entorno familiar, el diálogo necesario y urgente, como puente para potenciar las habilidades y roles de género en las mentes brillantes.

Por último, pero no menos importante es el diálogo social, la expresión del cartel ante un hecho doloroso y lacerante como el de la desaparición forzada, que se traduce en un grito visual para exigir empatía y justicia. Así, desde el susurro de las células hasta el fragor de lo desolador, el presente número de *Pregones de Ciencia* nos presenta una serie de diálogos ocultos que se nos muestran para descubrir los múltiples lenguajes de la vida. La invitación a sumergirse en ellos está abierta.

Dra. A. Olivia Jarvio Fernández

Contenido

**08 Macrófagos: células que deciden
tu destino inmune**

Anahí Sosa Arróniz

Aracely López Monteo

Angel Ramos Ligonio

**16 De la conducta disruptiva hacia
grandes aprendizajes**

María Liliana del Río Galván

**20 Rojo vivo: cuando la naturaleza y
la ciencia conciben color**

Abril Ramírez Higuera

**26 Tenebrio molitor: ¿Puede un insecto
revolucionar la nutrición avícola?**

Jocelyn Gómez Prado

Alejandra Caballero Zamora

José Antonio Martínez García

Esmeralda Mónica Peña González

**32 Más allá de los bochornos: la salud
mental durante la menopausia**

Pastor Alejandro Díaz Cancela

Juan Francisco Rodríguez Landa

**40 Aptitudes sobresalientes, género y familia:
una combinación decisiva en la educación**

Rossana Bigurra de la Hoz

Arcelia Esperanza Padrón González

**46 Poco ruido y muchas nueces: las pupas y su impre-
sionante capacidad para cambiar sigilosamente**

Zyanya Mayoral Peña

Jesús García Salazar

Rodolfo Bernal Gamboa

**54 Larvas al menú: enemigos ocultos
o aliados inesperados**

Sofía Reyna Fernández

Oscar García Barradas

Maribel Jiménez Fernández

62 In Tahtolpatalis o la traducción de mundos

Gibránn Becerra Álvarez

**68 Campos electromagnéticos: el océano invisible
que nos cura y nos preocupa**

Fausto Rojas Duran

Jesús Antonio Lara Reyes

74 Si tuvieras fe como una semilla de orquídea...

José Martín Barreda Castillo

Rebeca Alicia Menchaca García

78 Antes de la caída: un bosque sin futuro

Eduardo Hernández Hernández

Guillermo Rodríguez Rivas

Jesús Dorantes López

Christian Hernández

Adarely Y. Salas Sánchez

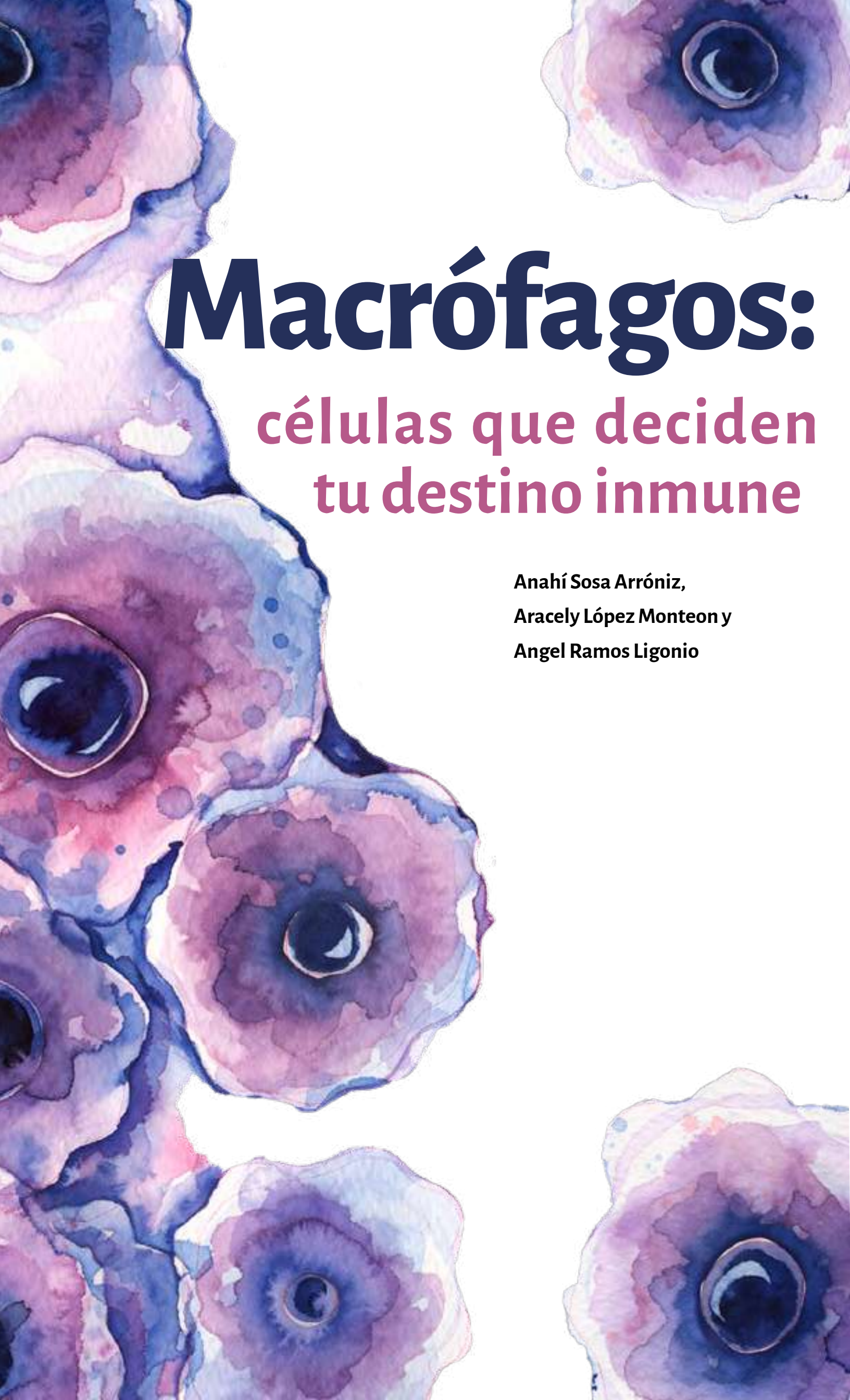
Marycruz Álvarez Jiménez

**86 Mientras peor sea el mundo, es más necesario
el arte: Martin Lebel**

Entrevista

92 El cartel como dispositivo social

José Manuel Morelos Villegas

A watercolor illustration of several macrophages, which are large immune cells. They are depicted with irregular, amoeba-like shapes in shades of purple, pink, and blue. Each cell has a prominent, dark, circular nucleus. The cells are scattered across the page, with some overlapping and others more isolated.

Macrófagos:

**células que deciden
tu destino inmune**

Anahí Sosa Arróniz,
Aracely López Monteon y
Angel Ramos Ligonio



Todos los días, desde el momento que nos levantamos, tomamos decisiones. ¿Qué ropa ponerme? ¿Qué desayunar? ¿Qué ruta tomar para ir al trabajo? Tomar decisiones es un proceso fascinante y esencial que nos permite elegir entre una variedad de opciones para abordar un problema, alcanzar un objetivo o simplemente avanzar en la vida.

Fundamentalmente, es el arte de determinar nuestro futuro. Mientras que algunas elecciones son tan rápidas que ni siquiera las notamos, otras son tan complicadas que nos rendimos: tomar decisiones importantes como qué carrera seguir, si cambiar de trabajo o si dejar la ciudad. Para ello necesitamos un enfoque más estructurado.

Para tomar una buena decisión, el proceso es como si una brújula interna te dijera qué hacer. Primero, debemos entender el reto o el objetivo a alcanzar. A continuación, buscamos toda la información relevante, desde nuestra propia experiencia hasta lo que se puede hacer para ayudar o averiguar más. Después, pensamos en todas las opciones, incluso aquellas que no son obvias. Es importante analizar los pros, los contras y los recursos de cada opción. Después, elegiremos la opción que mejor se adapte a nuestras necesidades y la pondremos en práctica. Por último, analizaremos los resultados para aprender de ellos y tomar mejores decisiones en el futuro. En conclusión, decidir es una habilidad que utilizamos constantemente. Dominarla nos ayuda a resolver problemas, y también a trazar nuestro propio camino y construir el futuro que queremos.

¿Te imaginas a una célula tomando una decisión?

Las células son verdaderas maestras en la toma de decisiones, a pesar de no tener cerebro. Siempre están decidiendo si dividirse, moverse, morir o cambiar su función, y estas decisiones son muy importantes para la vida. Pero, ¿cómo lo hacen? La toma de decisiones celulares se basa en una compleja red de señales e interacciones moleculares, en lugar de un proceso consciente como el nuestro. Las decisiones celulares son fundamentales para el desarrollo embrionario, que es cuando una sola célula se convierte en un organismo complejo con muchas células especializadas.

También nos ayudan a mantener los tejidos sanos y combatir enfermedades; por ejemplo, si una célula comete un error al dividirse, podría provocar cáncer.

Las células usan una red de comunicación molecular innata para tomar decisiones, lo que les permite adaptarse y responder a su entorno para sobrevivir. Es sugerente pensar en cómo una célula del sistema inmune, como un macrófago, decide qué hacer. Primero, pongamos las cosas en perspectiva: ¿qué es exactamente un macrófago? A los *macrófagos* los llamamos “grandes devoradores” (su nombre en griego) porque son los “grandes devoradores” de nuestro sistema inmune. Son un tipo de glóbulos blancos, o leucocitos, que ayudan tanto a nuestro sistema inmune adaptativo como a la primera línea de defensa de nuestro organismo.

¿Te imaginas lo difícil que es para ellos tomar las decisiones correctas para mantenernos a salvo?

Macrófagos: los grandes devoradores que protegen tu cuerpo

¿Alguna vez te has preguntado quiénes son los guardianes silenciosos que patrullan tu cuerpo, ayudando a mantenerlo limpio y seguro? (Figura 1). Ludwig Aschoff acuñó el nombre “macrófagos” en 1924 para describir estas células que literalmente comen o “fagocitan” sustancias nocivas. Estos devoradores son parte de un sistema más extenso, el *sistema fagocítico mononuclear*. Los monocitos son un tipo de glóbulo blanco que se forma en la médula ósea, donde comienza su historia. Cuando estos monocitos abandonan el torrente sanguíneo y se instalan en diferentes partes del cuerpo, cambian, crecen y se convierten en los macrófagos que conocemos.



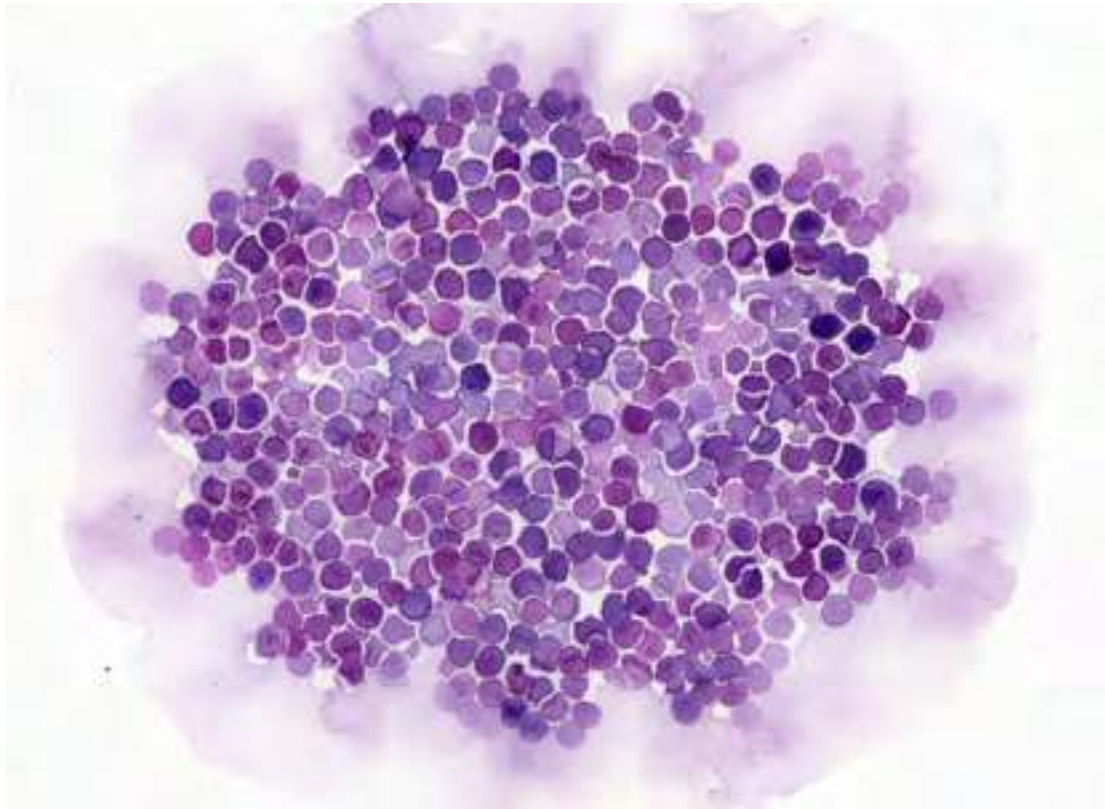


Figura 1. Macrófago devorador. Un macrófago, una célula del sistema inmune, se mueve a través de los tejidos para “devorar” patógenos como bacterias, células muertas y otros desechos celulares.

Un trabajo vital y multifacético

La fagocitosis es la función principal de los macrófagos, que engullen y destruyen bacterias, virus, células muertas y cualquier otro elemento que sea perjudicial para la salud. Su rol en el sistema inmune porque constituye la primera línea de defensa contra las infecciones, desencadenando una respuesta rápida y eficaz. Pero su trabajo no termina ahí.

Los macrófagos son arquitectos y sanadores; ayudan a reparar las áreas dañadas y participan en su remodelación a lo largo de toda la vida (de horas a días).

Especialistas en cada rincón de nuestro cuerpo

Durante mucho tiempo, los científicos no se dieron cuenta de que los macrófagos de las diversas partes del cuerpo procedían de la misma línea celular. Como resultado, históricamente se les dieron nombres específicos basados en el lugar donde se encuentran, como las células de Kupffer en el hígado, los osteoclastos en los huesos, la microglía en el sistema nervioso o los macrófagos alveolares en los pulmones. Ahora sabemos que, a pesar de compartir un antepasado común, cada población de macrófagos está altamente especializada para su entorno y sus funciones específicas. Esta especialización les permite ser más eficaces en el mantenimiento y la protección de la salud de cada órgano.

Fagocitosis: Cuando los macrófagos se comen a los invasores

Pero piensa, ¿qué ocurre cuando te cortas o sientes que te estás resfriando? En ese momento, tu cuerpo no se queda de brazos cruzados. Activa su sistema de defensa y envía a sus soldados más eficaces al combate. La fagocitosis y la inflamación son dos de sus primeras y más importantes estrategias.

La fagocitosis es un superpoder celular.

Es el proceso por el cual algunas de tus células inmunitarias, como los macrófagos, los neutrófilos y las células dendríticas inmaduras, literalmente se levantan y destruyen cualquier cosa que no debería estar en tu cuerpo.

Imagina esta coreografía perfecta: i) Reconocimiento: la célula reconoce al enemigo como un virus, una bacteria, una célula dañada o cualquier otro objetivo. ii) El abrazo: a continuación, libera una patita o brazo celular conocido como *pseudópodo* para atrapar por completo al invasor. iii) Engullir: después de rodearlo, lo introducen y lo encierran en una pequeña burbuja interna. iv) Destrucción: dentro de esta burbuja, envuelta por membrana, el invasor es descompuesto y eliminado. Todo este proceso asombroso requiere que la célula cambie su forma y reorganice su estructura interna de forma rápida e intensa.

Inflamación: la alarma del cuartel general de tu cuerpo

Si la fagocitosis es el ataque directo, la inflamación es el sistema de alarma y el centro operativo de tu cuerpo. Cuando nos lesionamos o infectamos, la zona afectada “se enciende” para defenderse. Sus señales dejan claro que la palabra “inflamación” viene de la idea de entrar en batalla: i) Enrojecimiento y calor: la sangre fluye más rápidamente hacia la zona. ii) Hinchazón: se acumulan líquido y células para aislar la zona dañada y ayudar en la lucha contra el problema. iii) Dolor: el cuerpo nos dice “Presta atención, algo ha pasado” cuando las sustancias químicas irritan nuestros nervios.

Esta respuesta puede ser breve (durar unos minutos u horas) o frecuente (durar días, semanas o incluso meses). La inflamación es esencial porque nos alerta de la presencia de algo que no es saludable e inicia el proceso de curación. Es tan importante que se ha conservado a lo largo de miles de años de evolución. Además, debemos tomar precauciones, porque nuestro cuerpo cuenta con sofisticados sistemas para garantizar que esta alarma deje de sonar una vez que el peligro ha pasado, evitando así más daño que beneficio.

M1 y M2: las dos caras de la misma moneda

Y es que, los macrófagos tienen una doble vida: soldados y arquitectos de tu cuerpo.

Al igual que los camaleones, tienen la asombrosa capacidad de cambiar de color y función según las necesidades del organismo en cada momento. Esta flexibilidad les permite desempeñar una gran variedad de actividades esenciales, desde combatir infecciones hasta ayudar a curar tejidos dañados. Este cambio se conoce como *polarización del macrófago*.

Para comprender mejor esta versatilidad, los científicos han dividido las funciones de los macrófagos en dos categorías principales. La primera es la de los macrófagos M1 (los guerreros) y la segunda es la de los macrófagos M2 (los reparadores). Nos enfocaremos primero en los M1, células que actúan como los guerreros químicos de tu cuerpo.

Macrófagos M1: Los guerreros químicos de tu cuerpo

¿Alguna vez te has preguntado cómo tus versátiles guardianes, los macrófagos, saben cuándo y cómo lanzar un ataque directo? La historia de los macrófagos M1 se remonta a la década de 1960, gracias a las observaciones de George Mackaness. Se observó que estas células tenían la capacidad de agrandarse de una manera muy específica, convirtiéndose en feroces combatientes. Son soldados de primera línea o guerreros inflamatorios (Figura 2). Cuando el cuerpo detecta una invasión (bacterias, virus o parásitos), los macrófagos M1 se activan. Su misión es muy clara: combatir y erradicar la amenaza desencadenando una fuerte respuesta inflamatoria. Producen sustancias [como el interferón gamma (IFN- γ) y el factor de



Figura 2. Macrófago M1: el guerrero proinflamatorio. Los macrófagos M1 son activados en respuesta a infecciones y señales de inflamación, y su función principal es destruir patógenos y células tumorales.

necrosis tumoral (TNF)] que son órdenes directas para que los macrófagos entren en acción, provocando que más “refuerzos” se conviertan en guerreros letales para los invasores. Son esenciales para una defensa rápida y eficaz.

Una vez activados como M1, los macrófagos actúan como una fábrica de venenos altamente especializada. Esta es la versión más combativa del macrófago. Aumentan significativamente la producción de moléculas altamente reactivas, como el peróxido de hidrógeno y el óxido nítrico, que son tipos de radicales libres.

Es una fábrica de veneno, esa es su arma secreta.

Estas sustancias se liberan cuando hay microorganismos invasores y actúan como armas químicas que los macrófagos utilizan para destruir bacterias, virus y otros patógenos. Este mecanismo es esencial para combatir las infecciones de forma rápida y eficaz, al tiempo que refuerza las defensas del organismo.

Son esenciales para iniciar la respuesta inmune, pero su actividad también puede contribuir a la inflamación crónica si no se regula adecuadamente.

Macrófagos M2: Los arquitectos, constructores y reparadores

Si los macrófagos M1 son los soldados que lanzan el ataque, ¿quién se encarga de limpiar y reconstruir el campo de batalla? A principios de la década de 1990, los científicos descubrieron la respuesta: un nuevo subtipo de macrófagos conocido como M2. A diferencia de sus precursores M1, su objetivo principal es reducir la inflamación. Los macrófagos M2 son conocidos como los pacificadores o conciliadores del sistema inmune (Figura 3). Estos macrófagos comienzan a trabajar una vez que la batalla inflamatoria ha terminado. Sus objetivos son reparar el daño, acelerar el proceso de curación y, sobre todo, asegurarse de que el sistema inmune no reaccione de forma exagerada y ataque a las células sanas del propio organismo (Chang & Tang, 2024).

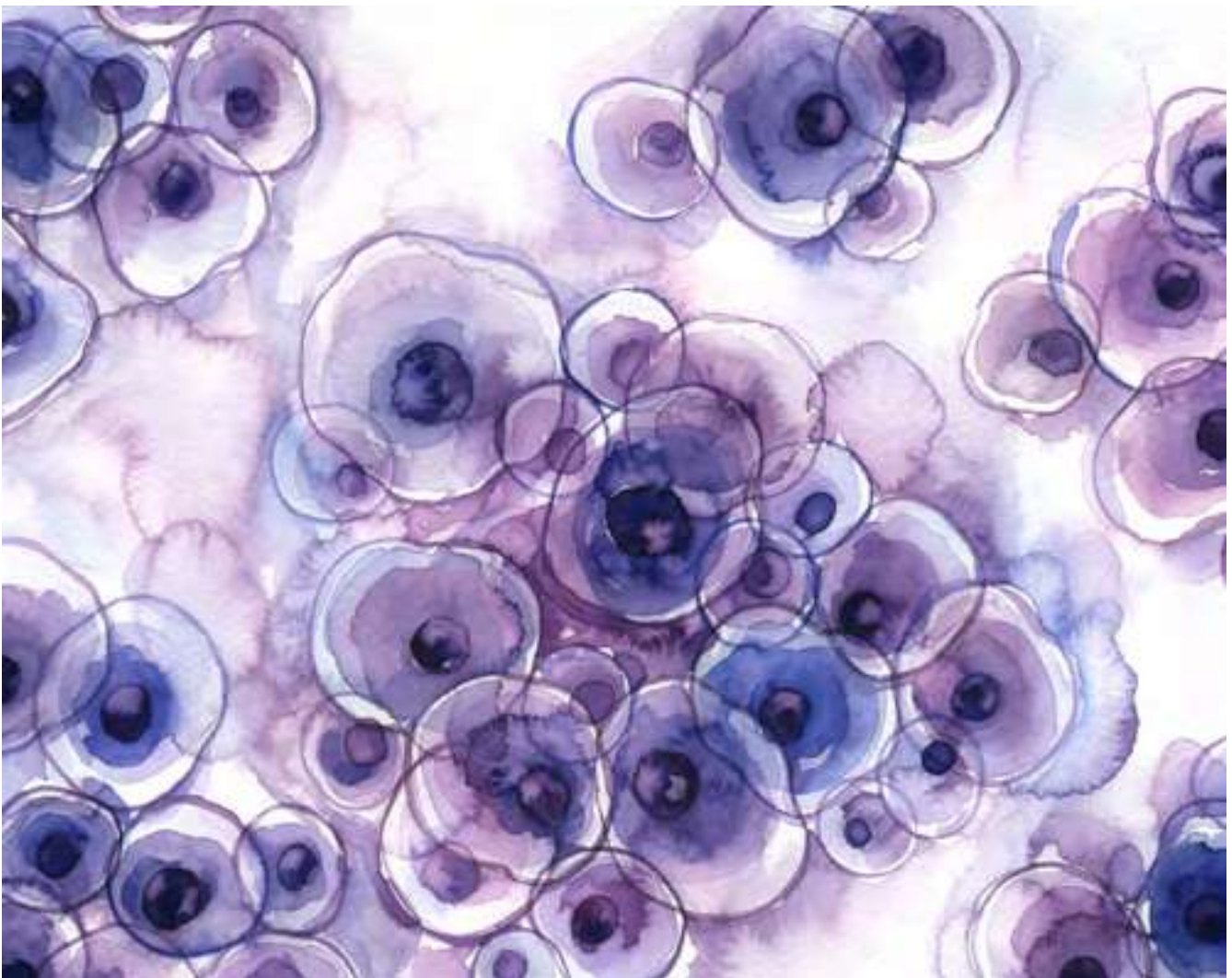


Figura 3. Macrófago M2: el reparador del tejido. Los macrófagos M2 tienen la tarea de resolver la inflamación y reparar los tejidos dañados.

Más allá de la reparación

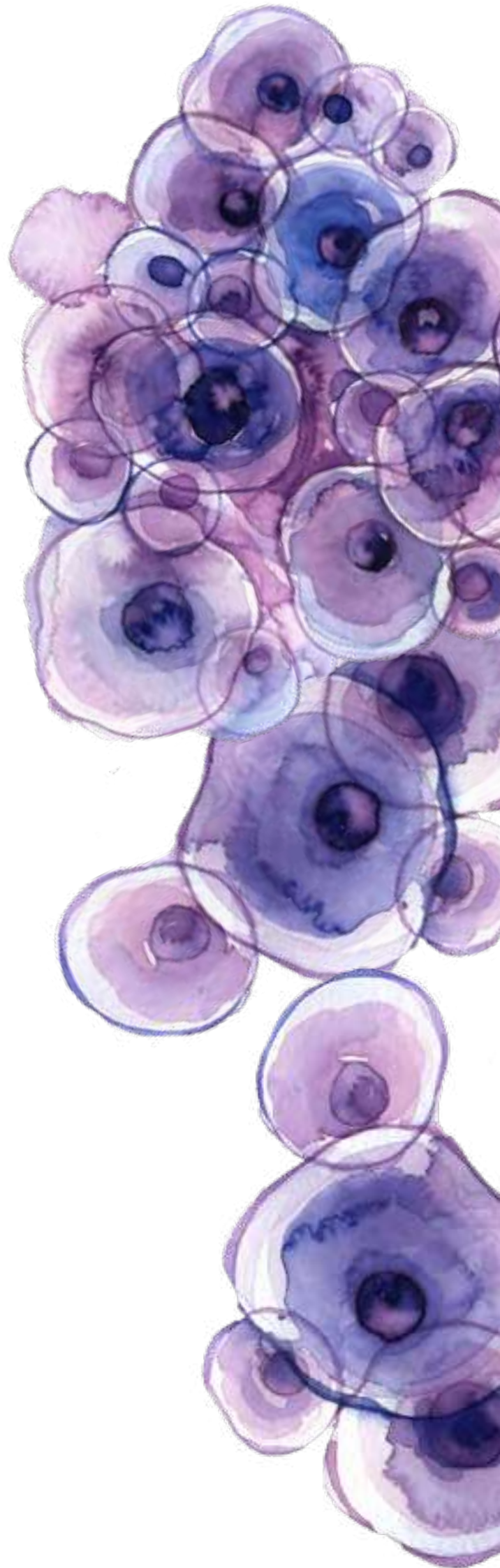
Los M2 ayudan a sanar heridas, a regenerar células y a restaurar el equilibrio en el cuerpo. Su función es crucial para la recuperación y para evitar que la respuesta inmune se vuelva perjudicial. Su trabajo implica mucho más que una simple limpieza básica. Los macrófagos M2 son esenciales para: i) La reparación de los tejidos: son los arquitectos que ayudan a los tejidos a curarse y recuperar su función. ii) La tolerancia inmunológica: garantizan que el sistema inmune no reaccione de forma exagerada ante sustancias inofensivas o ante sus propias células, y iii) La homeostasis tisular: mantienen el equilibrio y la salud general de los tejidos. Además, desempeñan un papel crucial en procesos biológicos básicos como el desarrollo embrionario y la regulación del metabolismo.

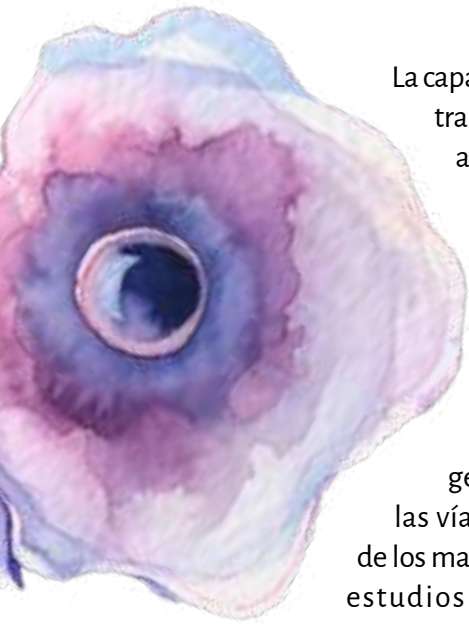
Finalmente, estamos hablando de un equipo variado de pacificadores, porque a pesar de tener un objetivo común, los macrófagos M2 son un grupo de células con características similares pero distintas. Se pueden dividir en varios tipos (M2a, M2b, M2c y M2d), cada una con características únicas y funciones más especializadas.

Esta diversidad les permite realizar tareas que se adaptan perfectamente a las necesidades del organismo en cada situación.

Exosomas: el lenguaje secreto polarizador de los macrófagos

Ahora bien, además de trabajar de forma individual, tus células se comunican constantemente entre sí a través de mensajes complejos, y los principales protagonistas de este sistema de comunicación innato son los exosomas. Imaginate a los exosomas como pequeños contenedores o paquetes que transportan información biológica que las células envían a sus vecinas. Estas diminutas vesículas extracelulares contienen una variedad de moléculas (proteínas, lipoproteínas y material genético) que pueden cambiar drásticamente su comportamiento cuando son recibidas por otra célula. Estas “cartas” son esenciales para el fascinante mundo de los macrófagos.





La capacidad de los exosomas para transferirse de guerreros (M1) a arquitectos (M2), o viceversa, desempeña un papel vital en la polarización de los macrófagos. ¿Cómo lo logran? Los exosomas regulan este proceso, provocando cambios en la expresión genética (qué genes se expresan o no) y en las vías internas de señalización de los macrófagos. Como resultado, estudios recientes sugieren que los exosomas desempeñan un papel fundamental en facilitar el cambio de un macrófago proinflamatorio (M1; el guerrero) a un macrófago antiinflamatorio y reparador (M2; el arquitecto pacificador).

¿Y si el macrófago toma una mala decisión?

La posibilidad de que una sola célula piense o tome decisiones ha sido objeto de acalorados debates en la comunidad científica. Tradicionalmente, la inteligencia se ha asociado a cerebros complejos. Sin embargo, biólogos como Brian Ford nos invitan a plantearnos la cuestión desde una perspectiva radical: ¿y si las células fueran en realidad entidades capaces de procesar información y responder a su entorno de forma compleja? Supongamos que cada una de nuestras células es una pequeña ciudad bien organizada que recibe un flujo constante de mensajes del mundo exterior. Estos mensajes se conocen como señales de tráfico y le indican a la ciudad cómo debe funcionar.

Para comprender y responder a estas “señales de tráfico”, la civilización cuenta con un sistema de comunicación cada vez más sofisticado. Se trata de una red de canales y señales análogas a las señales de los teléfonos móviles. Los receptores específicos de la superficie celular captan las señales, que luego se envían al interior a través de redes de proteínas interconectadas en busca de una respuesta coordinada. Como resultado, la toma de decisiones a nivel celular requiere la detección y el procesamiento de una amplia gama de señales.

Entonces, los macrófagos, soldados de nuestro sistema inmune, son un ejemplo claro de esta capacidad de toma de decisiones. Pero, ¿qué pasaría si estos soldados tomaran una mala decisión? Tenemos dos equipos de construcción en escena: M1 (que ataca a los invasores) y M2 (que reconstruye las paredes). Trabajar en equilibrio significa primero demoler la zona dañada y luego reconstruirla.

Sin embargo, cuando hay un desequilibrio, el cuerpo puede sufrir efectos devastadores.

Un ejemplo dramático es la tormenta de citocinas, también conocido como síndrome de activación macrofágica (SAM). En este caso, nuestros macrófagos-ejército se vuelven incontrolables. En lugar de atacar solo a los invasores, se dirigen contra las células sanas del propio cuerpo, causando daños generalizados.

Este desequilibrio de polarización M1/M2 se observa en diversas afecciones, entre ellas el cáncer: a veces, el equipo de demolición (M1) carece de la fuerza necesaria, o el «equipo de construcción» (M2) se activa en exceso en beneficio del tumor, creando un entorno que favorece su crecimiento. En condiciones como la artritis reumatoide, la enfermedad de Still, el lupus eritematoso sistémico o la enfermedad de Kawasaki, el equipo de construcción (M2) no podrá reparar el daño con la suficiente rapidez, y el equipo de demolición (M1) permanecerá activo durante un periodo prolongado, lo que prolongará la inflamación y el daño.



Conclusión

En el campo de batalla de tu cuerpo, el sistema inmune tiene guerreros versátiles que no solo defienden, sino que también reconstruyen.

Estos son los macrófagos, células que poseen una habilidad vital: la polarización, que incluye; el modo de ataque (tipo M1) y el modo de reparación (tipo M2). Esta capacidad de polarización de los macrófagos es muy importante para que el sistema inmune mantenga un equilibrio perfecto: primero ataca con fuerza y luego repara y restaura. Este fenómeno de polarización es una elección crucial que permite a los macrófagos ser los héroes silenciosos tanto de la defensa como de la recuperación de tu cuerpo. Además, los exosomas son parte de su lenguaje secreto que le permite a tu cuerpo afinar la respuesta inmune, pasando de un ataque frontal a la reparación de tejidos justo cuando es necesario. Este delicado equilibrio es fundamental. Una mala decisión a nivel celular o un desequilibrio prolongado entre los macrófagos M1 y M2 puede tener un gran impacto en nuestra salud y provocar enfermedades graves.



Agradecimientos: los autores expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Montserrat Ramos López por su invaluable contribución en este texto.

Referencias y lecturas recomendadas

- Biscu, F., Zouzaf, A., Cicia, D., Pridans, C. & Matteoli, G. (2024). Innate immunity champions: The diverse functions of macrophages. *European Journal of Immunology*, 54(12), e2451139. <https://doi.org/10.1002/eji.202451139>
- Chang, J. W. & Tang, C. H. (2024). The role of macrophage polarization in rheumatoid arthritis and osteoarthritis: Pathogenesis and therapeutic strategies. *International immunopharmacology*, 142(Pt A), 113056. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.113056>
- Echevarria Lima, J. & Moles, R. (2024). Monocyte and Macrophage Functions in Oncogenic Viral Infections. *Viruses*, 16(10), 1612. <https://doi.org/10.3390/v16101612>
- Epelman, S., Lavine, K. J. & Randolph, G. J. (2014). Origin and functions of tissue macrophages. *Immunity*, 41(1), 21-35. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2014.06.013>
- Marrufo, A. M. & Flores Mireles, A. L. (2024). Macrophage fate: to kill or not to kill? *Infection and immunity*, 92(9), e0047623. <https://doi.org/10.1128/iai.00476-23>
- Meza Morales, W., Jimenez-Socha, M., Freytes, D. O. & Mora, C. (2024). Macrophages and the Extracellular Matrix. *Results Probl Cell Differ*, 74: 55-87. doi: 10.1007/978-3-031-65944-7_2
- Nigrovic, P. A. (2025). Macrophage activation syndrome. *Arthritis Rheumatol*, 77(4): 367-379. doi: 10.1002/art.43052.



De la conducta disruptiva hacia grandes aprendizajes

María Liliana del Río Galván

La conducta disruptiva como área de oportunidad

En nuestro país, el derecho a la educación se considera un camino hacia una sociedad más justa. A medida que las personas tengan las mismas oportunidades educativas, nos acercamos a la igualdad de oportunidades de participación en la sociedad. La educación es la vía para compartir los conocimientos y adquirir aprendizajes que permitan transformar los entornos en los que los infantes se desenvuelven, desarrollando espacios de convivencia respetuosa, equitativa e inclusiva.

La educación inclusiva tiene como objetivo brindar una educación de calidad a todos las y los niños, independientemente de sus características físicas, personales, su origen, género, entorno familiar y social, entre otros.

La escuela como institución ha sido estructurada y organizada para cubrir las necesidades de todas las infancias sin rastro de discriminación ni exclusión, respetando la diversidad y fomentando la creencia de que todos tienen derecho a aprender.

La UNESCO (2023) reconoce que la individualidad de las niñas y los niños es única, con características, intereses, capacidades y necesidades de aprendizaje que se deben considerar dentro del enfoque inclusivo de la educación. Es la escuela quien generará los espacios de aprendizaje, donde se garantice el acceso a una educación de calidad y se conceda atención particular a los educandos que corren el riesgo de exponerse a la marginación, la exclusión o el bajo rendimiento.

La escuela debe generar los espacios de aprendizaje para todos, donde se garantice el acceso a una educación de calidad, que conceda atención particular a las necesidades, características e intereses de todos las y los estudiantes. Los docentes en el intento de ser inclusivos en las situaciones de aprendizaje brindan una atención aislada del contexto escolar; es decir, a los niños que “presentan algún problema”, los apartan del grupo para atender las necesidades que presentan, los ponen a trabajar en un espacio distinto al resto. En ocasiones extremas no atienden sus necesidades y los dejan permanecer en las actividades sin corroborar que efectivamente están adquiriendo algún aprendizaje.

Una de las problemáticas más comunes que generan esta atención aislada del contexto, es el caso de los alumnos que presentan conductas inapropiadas dentro del salón de clases, que impactan en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este artículo abordaremos la conducta disruptiva, entendida por los docentes, en un lenguaje coloquial, como aquel comportamiento de alguien que interrumpe la clase, distrae a los compañeros, impide el desarrollo de las actividades, interfiere la labor educativa del docente, perturba las relaciones personales y la dinámica, distrae al grupo y se distrae el alumno que ejecuta el comportamiento impidiendo la participación durante la actividad, tarea, juego, conversación, etcétera. Todo esto afecta la adquisición del aprendizaje de quienes provocan el comportamiento y quienes sufren sus consecuencias.

En este marco, me interesa que docentes y padres de familia visualicen el problema de la conducta disruptiva y lo transformen en oportunidad, al reconocer la importancia de las habilidades sociales para que las infancias se desenvuelvan de manera efectiva, respondiendo a las solicitudes del contexto escolar en el que interactúan. Esto es establecer situaciones de aprendizaje donde los alumnos desarrollen habilidades sociales como comportamientos que disminuyan la conducta disruptiva.

Existen diversas definiciones para la conducta disruptiva, descritas por los padres, los mismos alumnos, personal de la escuela o por los docentes. Para este artículo, la *conducta disruptiva* se entiende como los



comportamientos que no resultan socialmente adaptativos porque dificultan o reducen la probabilidad de integración del sujeto en el contexto social (Herruzo & Luciano, 2001). Es decir, identificamos conductas como hablar, saltar, pararse, gritar, cantar, correr, entre otras, que resultan funcionales en ciertos contextos como el juego, en los momentos de recreo, en actividades lúdicas, pero disfuncionales en otros, porque impiden la emisión del comportamiento requerido,

Por otro lado, los docentes identifican la conducta disruptiva en las aulas y al buscar una posible solución, se dan cuenta que existen diferentes opciones. Una es crear un ambiente emocional donde los niños se sientan seguros y valorados; generar un diálogo abierto para conversar con los alumnos y entender la causa de su comportamiento, establecer acuerdos de convivencia que permitan un ambiente de respeto. Otros docentes se han inclinado por los premios y reconocimientos a las y los estudiantes que muestran buen comportamiento. Así pues, las diversas estrategias han dado resultados favorables y desfavorables.

Sin embargo, la conducta disruptiva sigue siendo un tema de interés en las escuelas y se buscan distintas vías de solución.

Al implementar estrategias para encontrar la ruta que responda a esta necesidad de atender la conducta disruptiva en cada ciclo escolar, los docentes buscan las causas que propician este tipo de conducta, y encuentran desde problemas en el entorno familiar que generan estrés en los niños hasta conflictos en el contexto escolar como el acoso, la falta de reglas en el aula, frustración en las actividades, e incluso necesidad de atención de los demás por experimentar falta de afecto. Hay una lista variada de situaciones que impactan en la ejecución de la conducta disruptiva y constituyen de por sí, objetivo y tema de otro artículo. La conducta disruptiva no es una



problemática reciente dentro de los contextos educativos; está presente desde hace varios años en los distintos niveles de educación básica, principalmente en el preescolar, ya que es el primer acercamiento que tienen los niños a este tipo de entorno, donde la forma y los actores con los cuales interactúan, son distintos al ambiente familiar. En preescolar los alumnos descubren un mundo diferente al que están habituados, y no saben cómo comportarse; todo a su alrededor es nuevo, el espacio está lleno de personas desconocidas y lo que observan es ajeno a lo conocido. Por tal motivo, la conducta disruptiva es habitual en los jardines de niños, donde los alumnos están aprendiendo nuevas habilidades para interactuar de forma adecuada con los docentes y con los compañeros al llevar a cabo las actividades.

Es importante considerar, que los alumnos de preescolar se desenvuelven dentro de dos ambientes que se destacan por su impacto: la familia y la escuela. Estos son lugares donde las y los niños juegan, aprenden y viven experiencias que les permiten formarse como personas al interactuar con seres humanos diferentes.

En el ambiente familiar es donde conoce las primeras reglas, valores y formas de comportarse frente a otras personas, establecen interacciones con objetos y sujetos de su entorno inmediato.

En cambio, la escuela es el espacio de formación donde se adquieren conocimientos, habilidades, actitudes y valores que les permitirán desenvolverse en cualquier lugar de la sociedad. Por tanto, es importante apoyar a las niñas y los niños en el desarrollo de sus habilidades sociales, para tener interacciones saludables, para comunicarse, expresar sus sentimientos y necesidades, y desenvolverse en diferentes contextos.

Habilidades sociales como una oportunidad de aprendizaje

Desde este punto de vista, Soto *et al.* (2021) define a las *habilidades sociales* como un conjunto integrado de capacidades sociales, emocionales y conductuales que permiten a las personas interactuar de manera efectiva, ética y adaptativa dentro de diversos contextos. Estas habilidades comprenden la competencia para expresar sentimientos, pensamientos y necesidades propias de forma asertiva y respetuosa, al mismo tiempo que se reconocen, regulan y valoran las emociones y conductas de los demás. Por ejemplo, la importancia de que un alumno o alumna aprenda a expresarse oralmente en clase, se considera una habilidad no solo por el hecho

de emitir palabras sobre lo que sabe o quiere decir en el momento y lugar; sino porque pueda hablar y entablar una conversación con sus compañeros, para resolver conflictos de forma pacífica, participar respetando turnos y ayudar a sus compañeros, entre otras habilidades y competencias.

Las habilidades sociales son relevantes en el proceso de interacción de las y los niños dentro de cualquier entorno, ya sea la familia o en la escuela, permiten relacionarse de forma efectiva,

de ahí la importancia de desarrollarlas en el ambiente familiar y fortalecerlas en la escuela durante las primeras etapas de vida. En preescolar son fundamentales para el desarrollo integral de los alumnos; en esta etapa, los niños comienzan a interactuar con otros adultos fuera del núcleo familiar, lo cual les brinda las primeras oportunidades para aprender a relacionarse con los demás, sus habilidades sociales están condicionadas a las pocas experiencias que han vivido y al único entorno, la familia, en el que se han movido. Por tal motivo, es importante adquirir este tipo de habilidades desde preescolar para favorecer su inclusión en el contexto escolar y evitar los problemas de comportamiento.

El programa de preescolar usualmente tiene un carácter flexible, la docente puede diseñar actividades con distintos niveles de complejidad, según las necesidades del grupo, de sus logros y potencialidades. El docente es clave dentro del ambiente de aprendizaje, porque diseña las situaciones de enseñanza-aprendizaje considerando elementos como espacio, tiempo, nivel de complejidad de la tarea, instrucciones, momentos de la actividad, formas de organización, estrategias, entre otros, basándose en las necesidades, características e intereses de las y los alumnos.

La flexibilidad del programa de preescolar le permite al docente identificar qué habilidades sociales son necesarias para trabajar con un grupo o un alumno en particular.

Siempre se tomarán en cuenta las características del contexto y de las situaciones específicas que requieren, más frente a conducta disruptiva.

Todo esto a partir de la planeación de situaciones pertinentes de aprendizaje, interesantes, retadores y que respondan a las necesidades del problema de conducta en particular, y del grupo en general.

En la educación preescolar se reconoce la diversidad entre los alumnos que ingresan a las escuelas, espacio donde se hace efectivo el derecho a recibir una educación pertinente e inclusiva; pertinente porque valora, protege y desarrolla las culturas y sus visiones y conocimientos del mundo, e inclusiva porque se ocupa de reducir al máximo la desigualdad en el acceso a las oportunidades y evita los distintos tipos de discriminación a los que están expuestos niñas, niños y adolescentes (SEP, 2024).

La educación inclusiva en el aula: un proceso en movimiento

Existen estudiantes que, por diferentes situaciones, problemáticas y condiciones, han permanecido segregados del sistema educativo, no se han atendido sus necesidades o simplemente se han ignorado. Entre los casos más comunes destacan los relacionadas con el comportamiento inadecuado de los estudiantes, afectando el desempeño de los niños, de los compañeros y del ambiente de aprendizaje. Dicha conducta describe a las niñas o niños como disruptivos, latosos, inquietos, revoltosos, bulliciosos, traviesos, impacientes, nerviosos, etcétera, una serie de etiquetas empleadas para un problema de conducta dentro del aula.

Respecto a esto, la solución que se plantea aquí se encamina a que los docentes, principalmente desde el nivel preescolar, implementen situaciones de aprendizaje donde las niñas y los niños con conducta disruptiva, y el grupo en general, desarrollen habilidades sociales que no tienen en su repertorio conductual, para poder disminuir las conductas inadecuadas,

con el fin de establecer una convivencia armoniosa que favorezca el desarrollo integral de las y los alumnos.

Finalmente, resaltamos que la educación en México establece la importancia de las habilidades sociales dentro de los entornos educativos para generar un clima seguro y respetuoso, que contribuya al desarrollo de una cultura escolar que valore la convivencia pacífica y la resolución constructiva de conflictos. Se busca favorecer la creación de ambientes educativos propicios para el aprendizaje, donde los alumnos se desarrollen como individuos plenos, y se cumpla el objetivo de la educación inclusiva de crear oportunidades de aprendizaje y atender a las necesidades de las y los alumnos.

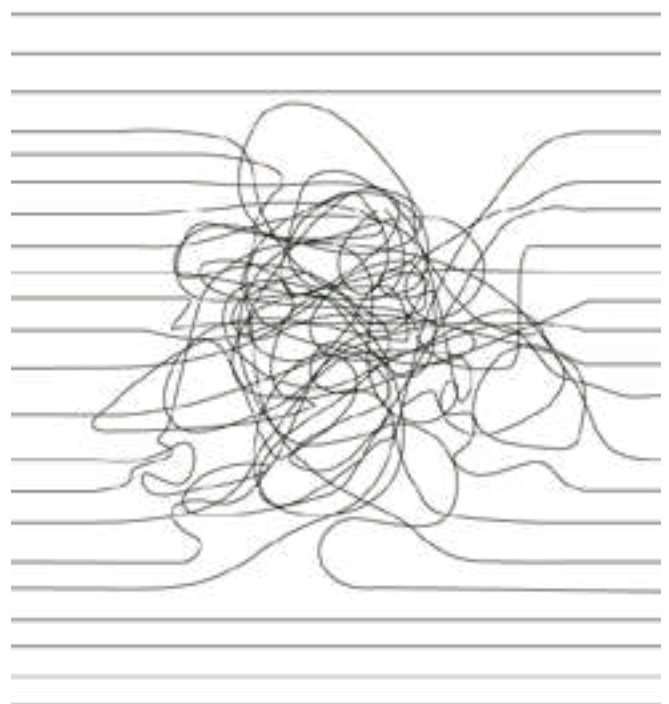
La participación del docente dentro del contexto escolar es clave para transformar las problemáticas en oportunidades para crear un entorno de aprendizaje inclusivo.

De esta manera, las investigaciones sobre la problemática de la conducta disruptiva enriquecen los esfuerzos por construir una educación equitativa e inclusiva, fundamentada en el respeto mutuo, la promoción de los derechos humanos y la generación de oportunidades de aprendizaje para las y los alumnos.

Agradecimientos: Este trabajo fue apoyado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca doctoral con número de CVU 712445 otorgada en el Doctorado en Investigación Psicológica en Educación Inclusiva de la Universidad Veracruzana.

Referencias

- Herruzo, J. & Luciano, M. C. (2001). Disminución de conductas disruptivas mediante un procedimiento de correspondencia "Decir-Hacer". *Acta Comportamental: Revista Latina de Análisis del Comportamiento*, 9 (2), 145-162. <https://revistas.unam.mx/index.php/acom/article/view/14636>
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2024). El Programa de Estudio para la Educación Preescolar: Programa Sintético de la Fase 2. *Programa_Sintetico_Fase_4.pdf*
- Soto, C. J., Napolitano, C. M., Sewell, M. N. & Roberts, B. W. (2021). An integrative framework for conceptualizing and assessing social, emotional, and behavioral (SEB) skills: The BESSI. *Frontiers in Education*, 6, 679561. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.679561>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (13 de marzo de 2023). Qué debe saber acerca de la inclusión en la educación. <https://www.unesco.org/es/inclusion-education/need-know>



Rojito vivo:

cuando la naturaleza
y la ciencia
conciben color

Abril Ramírez Higuera





¿Alguna vez has reflexionado cómo sería la vida sin los colores vibrantes? Imagina que tu golosina favorita en forma de panda no tuviera el color rojo. De hecho, nos fascinan tanto los pandas rojos que la empresa productora sacó al mercado bolsitas con gomitas exclusivamente rojas. El color es parte de la experiencia: despierta emociones, activa recuerdos y estimula el apetito. ¿Cómo podrían distinguirse las mujeres villanas en las películas, series o caricaturas sin el destellante rojo carmesí en sus labios, el cual es una poderosa herramienta simbólica que comunica fuerza, educación y peligro?

El color rojo atrae nuestra atención de inmediato, porque fisiológicamente estimula el sistema nervioso simpático.

Aumenta el ritmo cardíaco y genera una sensación de energía o urgencia. Esta es la razón por la que muchas marcas lo emplean en sus logotipos, empaques, embalajes y establecimientos, creando un vínculo permanente con el consumidor. Ejemplo de ello es la bebida gaseosa más famosa del planeta, que adoptó este encendido color como su identidad global, asociándolo con felicidad, energía y pasión.

Conmemoraciones cotidianas como la celebración del amor, el 14 de febrero, no serían lo mismo sin las calles teñidas con rosas rojas, globos rojos, corazones y chocolates con papel celofán o papel aluminio del mismo color rojo. Y la fecha en la que no falta la compañía familiar, la Navidad, el rojo vuelve a ocupar el centro de la escena en la vestimenta, los adornos y las cintas que envuelven los regalos. De alguna manera es un color que refuerza la asociación con la alegría, el calor y la unión.

Un poco de historia roja

El rojo ha capturado la imaginación humana durante milenios y ha acompañado su evolución desde tiempos inmemoriales, es un color que nos atrae, nos advierte, nos conmueve. En su sentido positivo, simboliza la pasión, el amor, la energía, el deseo y la vitalidad. Pero también tiene su contraparte, representa la ira,

el peligro, la sangre y la agresión. Es una dualidad fascinante que lo convierte en uno de los colores más complejos y universales del espectro de las emociones, dado que refleja tanto nuestra capacidad de amar como de temer.

El rojo es mucho más que una sensación visual: es una sustancia tangible que, durante siglos, se produjo con esfuerzo y se valoró como un bien precioso.

En la antigüedad, los pigmentos rojos eran tan escasos que funcionaban como moneda de cambio y símbolo de poder.

En Mesoamérica, la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) un diminuto insecto parásito (Figura 1), fue la principal fuente del codiciado color carmín. El insecto se alimenta de plantas como el nopal o tuna (*Opuntia ficus-indica*) y durante su metabolismo produce ácido carmínico (pigmento rojo) como defensa natural. Este ácido protege al insecto de depredadores y microorganismos, ya que tiene propiedades que lo vuelven desagradable o tóxico para otros animales pequeños. Este compuesto químico se convirtió en un producto de exportación tan valioso que rivalizaba con el oro y la plata.



Figura 1. Insecto milenario del que se obtiene el pigmento rojo.

Durante el periodo colonial, el “rojo mexicano” era un lujo reservado para la realeza y los artistas más prestigiosos. Pintores como Rubens, Velázquez o Rembrandt lo utilizaron para representar mantos, cortinas o escenas de poder. El comercio de la cochinilla transformó economías enteras y generó disputas entre imperios, demostrando que un color podía ser tan estratégico como un metal precioso.

En otras regiones del mundo también existieron fuentes naturales de pigmentos rojos, como la rubia (*Rubia tinctorum*), una planta cuyas raíces contienen alizarina, un tinte rojo-anaranjado; o el cártamo (*Carthamus tinctorius*), cuyas flores producen cartamina; o el múrex (*Bolinus brandaris*), un molusco del Mediterráneo que generaba el tinte púrpura conocido como “de Tiro”. Estos pigmentos naturales eran apreciados pero limitados, ya que su producción dependía de factores ambientales, disponibilidad de materia prima y mano de obra intensiva.

Con la llegada de la Revolución Industrial y el desarrollo de la química moderna, el mundo del color cambió para siempre.



En 1856, el joven químico inglés William Henry Perkin descubrió accidentalmente la *malva*, el primer colorante sintético. Este hallazgo marcó el inicio de una era en la que los pigmentos podían fabricarse en laboratorio, sin depender de recursos naturales. Rápidamente surgieron otros tintes: azules, amarillos, verdes y, por supuesto, rojos. Eran baratos, brillantes y fáciles de producir en grandes cantidades. La industria textil, cosmética y alimentaria los adoptó de inmediato.

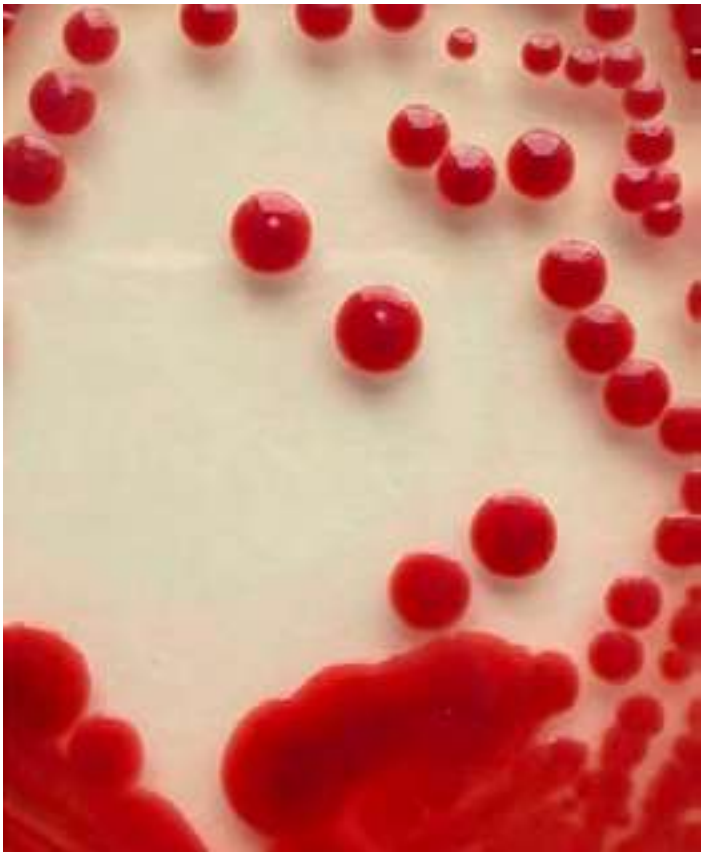
Sin embargo, el éxito de los colorantes sintéticos tuvo un costo: muchos de ellos se elaboraban a partir de derivados del petróleo y otras sustancias tóxicas. Con el paso del tiempo, diversos estudios demostraron que algunos compuestos artificiales causaban alergias, alteraciones hormonales e incluso efectos cancerígenos. Además, su producción generaba desechos químicos que contaminaban el agua y el suelo. Lo que al principio se veía como un logro de la modernidad, terminó convirtiéndose en un problema ambiental y de salud pública.

Nuevas maneras de colorear

Afortunadamente las formas de producción han cambiado para implementar métodos más sostenibles y sustentables, así como diversas fuentes naturales para extraerlos, conservando propiedades únicas que más allá del color: son potenciales blancos no farmacológicos para el tratamiento y prevención de enfermedades crónicas. En este sentido, la investigación multidisciplinaria entre la biología, química, biotecnología, ingeniería alimentaria, ingeniería genética entre otras disciplinas, es clave para diseñar procesos más eficientes, ecológicos y económicamente viables.

El regreso a lo natural no solo responde a una moda ecológica, sino a una necesidad científica y ética. Las empresas y los investigadores buscan colorantes naturales seguros para la salud, amigables con el ambiente y con valor funcional añadido.

Las fuentes vegetales son especialmente atractivas, frutas, flores, raíces y hojas albergan pigmentos como antocianinas (colores rojizos, púrpuras o azulados), carotenoides (colores amarillos, naranjas y rojos) y betalaínas (rojo-violeta hasta el amarillo-naranja), porque son para ellas fuente de protección frente a herbívoros, radiación UV o patógenos. Están caracterizados molecularmente por sus dobles enlaces conjugados y grupos fenólicos que los hacen absorber la luz visible, y no necesitan algún agente químico adicional para apreciarlos a simple vista. Los seres humanos nos beneficiamos de dicha característica, ya que por esta misma composición son valiosos como colorantes, y por su habilidad de ser agentes reductores lo que les permite neutralizar radicales libres, moléculas inestables que dañan las células y promueven la inflamación.



Al actuar como antioxidantes y antiinflamatorios, estos compuestos reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, metabólicas como la diabetes tipo 2, hipertensión, deterioro cognitivo, prevención de trastornos oculares e incluso algunos tipos de cáncer; fortalecen el sistema inmunológico y mejoran la salud de la piel entre muchas funciones biológicas (Figura 2).

Por eso, el interés por los pigmentos naturales no se limita al color: se ha transformado en una estrategia de salud preventiva y sostenible.

Entre las fuentes vegetales más utilizadas para obtener el pigmento rojo destacan: el betabel (*Beta vulgaris*) es rico en betalaínas, produce tonos del rojo al violeta biológicamente empleados como potenciales anticancerígenos; la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) contiene antocianinas y compuestos fenólicos con actividad antihipertensiva; el tomate rojo (*Solanum lycopersicum*) es fuente del carotenoide licopeno, asociado con la salud cardiovascular; y la tuna roja (*Opuntia ficus-indica*), porque su pulpa y cáscara contienen pigmentos intensos con propiedades antioxidantes.

Estos son cuatro ejemplos importantes para la industria alimentaria, cosmética y textil, ya que se aprovechan los residuos, una vez que estas fuentes fueron procesadas para su uso en un primer proceso. Las cáscaras, los bagazos y los residuos que antes se desechaban, ahora se procesan para extraer pigmentos naturales de alto valor agregado. Así, un subproducto que antes representaba un problema ambiental, se convierte en una fuente económica sostenible siendo un ejemplo perfecto de economía circular.

El color tiene un valor práctico y medible en la evaluación de la calidad de fuentes vegetales, entre mayor intensidad mayor contenido de compuestos bioactivos. En dichos productos el color superficial no solo indica madurez, sino también el contenido de pigmentos naturales asociados con sus propiedades funcionales y nutricionales. Afortunadamente es posible medirlos con un instrumento llamado *colorímetro* que se basa en el sistema CIE-L-A-B (L, a, b). Esta herramienta describe el color con parámetros objetivos, es decir, funciona como un traductor universal del color.

El colorímetro está diseñado en base a cómo nuestros ojos distinguen el color y su intensidad, así como los degradados en tonalidad al colocar más blanco o negro como lo haría un artista en una paleta. Por lo tanto, el sistema convierte lo que vemos en números que describen el color en términos de su intensidad y brillo. *L* representa la luminosidad, *a* mide la intensidad del rojo o verde, y *b* la del amarillo o azul. Por ejemplo, en manzanas, tomates o fresas, un valor de *a* más alto se asocia con un mayor grado de madurez y calidad, aunado a un contenido superior de pigmentos (Figura 3). Este eficiente sistema permite evaluar, de manera rápida, la madurez, frescura y valor nutricional, garantizando productos más homogéneos y saludables para el consumidor.



Figura 2. Pigmentos de fuentes naturales y su efecto biológico.

Fermentación y color

La historia del color natural no termina con las plantas o los insectos, ni la tecnología concluye con el sistema CIE-L-A-B. En los últimos años, la biotecnología ha abierto un horizonte completamente nuevo gracias al uso de microorganismos como bacterias, levaduras, hongos y algas.

Estos diminutos seres han apoyado procesos de fermentación donde convierten carbohidratos simples en productos deliciosos como pan, queso, yogur, bebidas como tepache, pulque entre otros.

En un inicio, se creía que esos procesos se llevaban a cabo gracias a las deidades hasta que, a través de los avances en las lentes y la creación del microscopio se pudo estudiar a los verdaderos protagonistas de tan mágicas transformaciones.

Los métodos de fermentación han evolucionado dando paso al crecimiento controlado de consorcios microbianos, apoyados de sistemas de reactores automatizados, generando productos seguros, homogéneos, trazables, de alta calidad. Y, ante el panorama vigente de pérdida de biodiversidad, escasez de agua, contaminación de suelos, nos brindan la posibilidad de obtención de diversos productos de manera rentable, sostenible y sustentable.

Mediante técnicas avanzadas de ingeniería genética, los científicos pueden insertar fragmentos de material genético en microorganismos para que sinteticen compuestos que no producían de forma natural, perfilándolos como auténticas “fábricas biológicas” capaces de producir pigmentos, vitaminas, proteínas y otras moléculas de interés industrial. Este proceso, conocido como *fermentación de precisión*, ha revolucionado la forma como se fabrican muchos productos. A diferencia de los métodos químicos tradicionales, la fermentación de precisión es limpia, controlada y completamente sostenible: utiliza menos agua, genera menos residuos y puede realizarse a gran escala sin depender de cultivos extensivos o animales.

Hoy en día esta tecnología permite obtener pigmentos naturales como carotenoides, melanoidinas, flavinas y antocianinas a partir de microorganismos modificados (Figura 4). Por ejemplo, la bacteria *Serratia marcescens* produce prodigiosina, un pigmento rojo que tiene propiedades antimicrobianas y anticancerígenas. Mientras, de la bacteria *Chromobacterium violaceum* se obtiene violaceína, un pigmento violeta sintetizado con actividad antibacteriana y antioxidante. Luego, hongos del género *Monascus* producen monascinas y rubropunctatinas pigmentos rojos y naranjas usados tradicionalmente en el “arroz rojo” asiático. Y algas cianofíceas generan ficobiliproteínas: pigmentos fluorescentes utilizados en alimentos y biomedicina.

Además los pigmentos microbianos tienen la ventaja de ser puros, estables, homogéneos, reproducibles y fáciles de escalar industrialmente.

A diferencia de los métodos tradicionales, estos sistemas biológicos pueden generar pigmentos de forma controlada, sin depender de cosechas o factores climáticos; estos procesos son más eficientes energéticamente y reducen la huella de carbono.

Las aplicaciones de esta tecnología son tan amplias que permiten aprovechar a los microorganismos para la producción de biopolímeros empleados en la industria textil como sustitutos de cuero para elaborar bolsas, chamarras, carteras. En la industria alimentaria suelen emplearse para obtener espesantes, sustitutos de grasa, lácteos alternativos, análogos de carne entre otros insumos. La industria farmacéutica puede canalizar la ruta de fermentación microbiana para la síntesis de fármacos o vacunas.

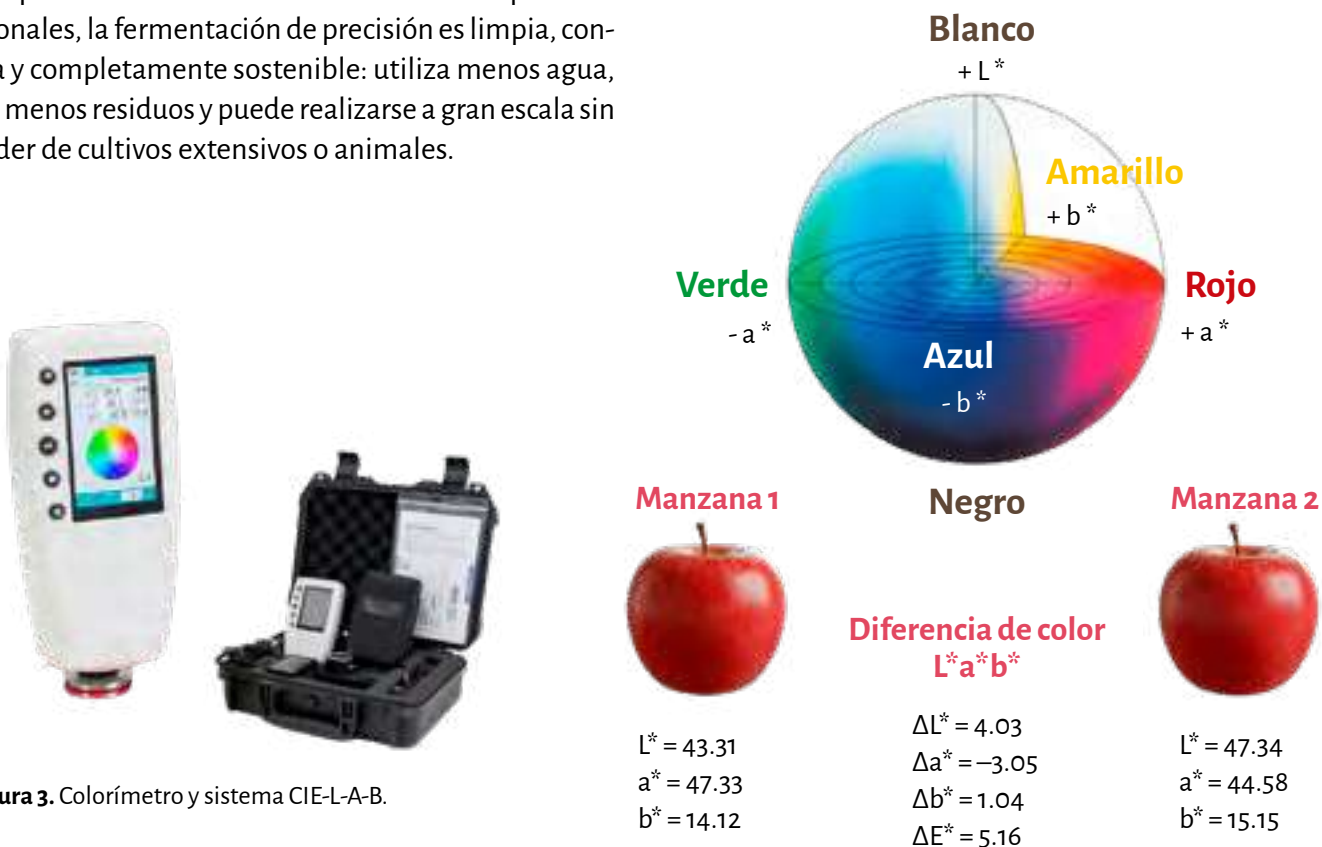


Figura 3. Colorímetro y sistema CIE-L-A-B.



Figura 4. Algas como fuentes de pigmentos.



B-caroteno
Zeaxantina

Ficocianina
Clorofila
Polisacáridos

Conclusión

La transición no es solo tecnológica, sino también ética: nos invita a repensar nuestra relación con los recursos naturales, a ver los desechos como nuevas oportunidades y a comprender que la ciencia puede inspirarse en la naturaleza sin dañarla. Cada vez que observamos el rojo de una fruta madura o el tono de un labial, contemplamos siglos de evolución biológica, artística y cultural. Ese mismo color, que en el pasado simbolizó poder y riqueza, hoy representa innovación y sostenibilidad. Su recorrido, desde la grana cochinilla mexicana hasta la fermentación de precisión, refleja la historia de la humanidad buscando equilibrio entre belleza, tecnología y respeto por el ambiente, aprovechando residuos vegetales o microorganismos que trabajan en armonía con el entorno; un recordatorio de que la creatividad humana es capaz de convertir los desafíos en oportunidades y la necesidad en innovación.

El color rojo, más allá de su simbolismo cultural y emocional, representa una historia de innovación científica y adaptación tecnológica.

Porque el rojo no solo está en los objetos: late dentro de nosotros, en la sangre que da vida y en la curiosidad que nos impulsa. Te invito a seguir explorando este apasionante campo, donde la biotecnología, la sostenibilidad y la creatividad humana se unen para colorear el futuro con conciencia, salud y respeto por el planeta.

Lecturas recomendadas

Aguiar Pech, J. & Borges Argaez, R. (2024). *El fascinante mundo del rojo carmesí, producto de los insectos. Desde el Herbario CICY*, 16, 203-206.

González Cadavid, V., Jiménez Cartagena, Y. & Rendón Restrepo, M. F. (s. f.). Colorimetría CIELAB: Artículo de revisión [Manuscrito no publicado]. *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/561465905/Colorimetria-CIELAB-Articulo-de-Revision>.

Mandujano, A. & Mandujano, M. (2020). De la cochinilla y del nopal: el ácido carmínico, una antraquinona multifuncional. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 65 (4), 100-127.

Regalado Rentería, E. & Pérez Ramírez, I. F. (2024). Más allá de una bebida: revelando el valioso residuo del agua de jamaica. *Recursos Naturales y Sociedad*, 10(2), 107-117.

Reyes Landa, G. M., Granados-Balbuena, S. Y., García-Meza, M. G., Tapia-López, L. & Ocaranza-Sánchez, E. (2023). Antocianinas y la magia del color: Fuentes, beneficios y aplicaciones. *Revista Frontera Biotecnológica*, 24(1).





Tenebrio molitor:

¿Puede un insecto revolucionar la nutrición avícola?

Jocelyn Gómez Prado,
Alejandra Caballero Zamora,
José Antonio Martínez García y
Esmeralda Mónica Peña González

A nivel mundial, México ocupa el quinto lugar en consumo de carne de pollo, con 37.8 kilogramos por persona (COMECARNE, 2024). La carne de pollo es la más consumida en el país debido a su aporte nutricional, versatilidad culinaria y precio accesible. Considerando que la población crece de manera exponencial, año con año se busca incrementar la producción de pollo para satisfacer la demanda interna. Aun cuando no se tienen registros exactos sobre las aportaciones que hacen las pequeñas producciones avícolas en México, se calcula que representan hasta 10% de la producción nacional.

Las unidades de producción familiar (UPF) avícolas desempeñan un papel fundamental en la adquisición de seguridad alimentaria en zonas vulnerables y se caracterizan por generar empleo, incentivar la producción de alimentos nutritivos, fortalecer lazos sociales y aprovechar de manera sustentable los recursos locales.

En estas unidades, la base de la alimentación de los pollos suele ser el maíz y durante el primer mes de vida se complementa con alimento balanceado comercial.

Como el maíz solo aporta 7.8% de proteína, se intuye que la dieta que reciben los pollos en las UPF tiende a ser deficiente o estar desbalanceada. A ello se suma el elevado costo de granos y cereales cuyos precios fluctúan según las condiciones del mercado y la disponibilidad. Por ejemplo, ingredientes como la soya, que es la principal fuente proteica en la dieta avícola, requieren de una cantidad grande de recursos naturales para su cultivo y han contribuido a la deforestación tropical.

Con el objetivo de complementar dietas con deficiencia proteica y reducir la dependencia a ingredientes como la soya, se ha propuesto el uso de harina de insectos porque son de fácil crianza, tienen un alto contenido proteico, una tasa de reproducción rápida, ocupan pocos recursos y su emisión de gases de efecto invernadero es baja. Además, las aves en vida silvestre muestran la conducta natural de consumir insectos, lo que sugiere que los pollos están fisiológicamente adaptados para incorporarlos a su dieta sin que ello afecte su salud.

Dentro de las especies que se han considerado para la alimentación de animales, se encuentra el gusano de seda (*Bombyx mori* L.), las larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L.) y el gusano de la harina (*Tenebrio molitor* L.). Este último insecto es un candidato para revolucionar la producción avícola de las UPF en México.

¿Quién es este pequeño insecto?

Para quienes no hayan escuchado antes de este insecto, el *Tenebrio molitor* es una especie de escarabajo (coleóptero).

Su nombre científico proviene del latín “*tenebrae*” y “*molere*”, que se puede traducir como “el molinero de la oscuridad” y hace referencia a su preferencia por lugares oscuros,



como los graneros, en donde suele alimentarse de granos y harina. Es originario de Europa, de la región mediterránea, pero actualmente se encuentra distribuido en diferentes partes del mundo, incluido México, convirtiéndose en una especie cosmopolita con preferencia por las zonas templadas y el hemisferio norte.

La vida oculta del gusano de la harina

Este insecto pasa por un ciclo de vida corto compuesto por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 1). Todo comienza cuando una hembra deposita huevos, de los cuales, entre 3 y 19 días después, emergen larvas cilíndricas de color marrón claro. Dichas larvas permanecen en esa etapa por casi dos meses, mientras alcanzan una longitud de 1 a 3 centímetros. Posteriormente, las larvas se transforman en pupas y durante 5 a 21 días dejan de alimentarse y desarrollan un exoesqueleto duro. Finalmente, de la pupa emerge la fase adulta del insecto, un escarabajo de tono marrón oscuro, de entre 1.5 y 4 centímetros de longitud, que puede vivir unos 2 o 3 meses.



Figura 1. Ciclo biológico del Tenebrio molitor. Figura elaborada en OpenAI, DALL-E 3, 2025. (<https://openai.com/index/dall-e-3/>).

Su forma larvaria es la que se suele criar para posteriormente alimentar reptiles, peces y aves. Se ha centrado la atención en la producción de este gusano porque tiene una tasa de crecimiento diaria de hasta 16.60% y al año puede transformar 1,300 millones de toneladas de desechos orgánicos en productos valiosos como las proteínas, de manera que produce 1 kilogramo de gusanos por cada 2 kilogramos de alimento que consume.

¿Cuáles son las ventajas nutricionales del Tenebrio molitor?

Los tenebrios se distinguen por su alto contenido de proteína y su aporte significativo de grasa. Cerca del 75% de sus grasas corresponden a ácidos grasos poliinsaturados, entre los cuales sobresale el ácido linoleico que, además de ser el más abundante, se ha asociado con la prevención de enfermedades cardiovasculares e inflamatorias.

Asimismo, los tenebrios aportan minerales esenciales como fósforo y potasio, fundamentales para la síntesis de moléculas biológicas y el adecuado funcionamiento muscular y nervioso.

Como se puede observar, el valor nutricional de estos pequeños insectos resulta atractivo. No obstante, aunque en la etapa adulta los tenebrios pueden contener hasta 65% de proteína, en esa fase también presentan un alto contenido de quitina, un componente de su exoesqueleto que reduce la digestibilidad de las proteínas. En cambio, durante la fase larvaria, la cantidad de quitina disminuye, y con ello, las proteínas son más aprovechables para quienes los consumen. Además, se ha comprobado que las aves producen quitinasa ácida, una enzima capaz de degradar quitina,

lo que sugiere que los pollos pueden aprovechar eficientemente el valor nutricional de estos insectos.

Los pollos necesitan dietas que les proporcionen suficiente energía (alrededor de 3,200 kcal por kilogramo) y proteína, además de aminoácidos esenciales como lisina y metionina, indispensables para un crecimiento óptimo y la adecuada formación de tejido corporal. En este contexto, los tenebrios representan una alternativa para complementar su dieta, ya que aportan 2,242 kcal/kg y más del doble del porcentaje de proteína requerido y un perfil de aminoácidos comparable al de la harina de soya (Arévalo *et al.*, 2022).



Diversos autores han estudiado los efectos de incluir harina de *Tenebrio molitor* en la dieta de pollos de engorda. Dentro de los hallazgos han observado que la inclusión de 3 a 10% de la harina de este insecto mejora la ganancia diaria de peso y el rendimiento de la canal. De igual forma, se ha visto que la adición de este insecto en la dieta de los pollos mejora el valor nutricional de la carne al aumentar la cantidad de aminoácidos esenciales y disminuir el contenido de ácidos grasos saturados. Esto, a su vez, disminuye el riesgo de que se desarrollen enfermedades cardiovasculares como aterosclerosis y trombosis, ambas condiciones que obstruyen el flujo normal de la sangre.

En cuanto a los efectos en la calidad de la carne, se han reportado cambios en la capacidad de retención de agua, color, textura, jugosidad y sabor de la carne de pollos alimentados con tenebrios (Parlar & Ustundag, 2024). Por ejemplo, la disminución en la capacidad de retención de agua se ha asociado con una rápida caída del pH posterior a la muerte. No obstante, aún no se ha profundizado en los posibles mecanismos o factores vinculados al uso de *Tenebrio molitor* que podrían explicar dichos cambios. Cabe mencionar que autores como Hussain y colaboradores (2017) reportaron que las propiedades organolépticas y tecnológicas de la carne de pollo no se vieron alteradas por la dieta con los insectos.

Por otro lado, se ha observado una mejora en la salud de los pollos alimentados con tenebrios por efecto de la quitina,

ya que este polímero tiene efecto antibacteriano y, al ser parcialmente degradado en el sistema digestivo de las aves, actúa como un prebiótico. En otras palabras, se trata de un ingrediente que puede ser aprovechado por los microorganismos del tracto intestinal y promover la proliferación de bacterias benéficas, lo que potencializa la absorción de nutrientes. Adicionalmente, estos insectos sintetizan pequeños péptidos antimicrobianos que actúan contra bacterias, hongos y virus, lo que lleva a considerar que pueden mejorar sustancialmente la salud de los pollos.

¿Cuáles son las ventajas ambientales del uso de *Tenebrio molitor*?

Los beneficios del uso de este insecto no se limitan a su valor nutricional. Para producir 100 gramos de soya se requieren de aproximadamente dos metros cuadrados de tierra y más de dos mil litros de agua por kilogramo. En cambio, los tenebrios pueden criarse en

espacios mucho más reducidos como un contenedor de 50x40x20 cm, y su huella hídrica es mínima (Ortiz Padilla *et al.*, 2024). Mientras que el cultivo de soya libera hasta 900 gramos de CO₂ por kilogramo de producto, y demanda el uso de diésel y fertilizantes, la producción del tenebrio genera menos de 100 gramos de gases de efecto invernadero por kilogramo de estos insectos.

Los tenebrios tienen la capacidad de transformar residuos en proteínas. Como se mencionó anteriormente, pueden ser alimentados con desechos orgánicos y subproductos de la agricultura sin que se vea afectada su eficiente conversión alimenticia. Pero además de transformar residuos orgánicos, se ha demostrado que estas larvas son capaces de ingerir poliestireno, el material plástico con el que se fabrica el unicel.

Y es que las larvas alimentadas únicamente con poliestireno han podido vivir tan bien como aquellas que comen salvado. Se ha comprobado que, dentro del intestino de las larvas, este plástico se degrada eficientemente y casi la mitad se convierte en dióxido de carbono, mientras que lo restante se expulsa como pequeños fragmentos biodegradados. Gracias a esta capacidad, los tenebrios podrían aprovecharse como fuente de alimento, y también como aliados para combatir la contaminación por plásticos.

Como se observa, aunque el *Tenebrio molitor* no es una especie endémica de México, su crianza y aprovechamiento ofrecen diferentes ventajas.

Se trata de una alternativa sustentable que puede emplearse como alimento para los animales y contribuir al manejo de residuos orgánicos e inorgánicos.



Este insecto fue considerado una plaga que afectaba productos almacenados, principalmente harinas y cereales. Sin embargo, en la actualidad, su cría se realiza en sistemas controlados y cerrados, lo que reduce el riesgo de dispersión ambiental, transmisión de patógenos, acumulación de contaminantes químicos y competencia con especies nativas.

A diferencia de quienes crían esta especie con fines de control biológico, la producción de tenebrios con fines alimentarios no representa un problema ecológico relevante. No obstante, el riesgo no puede eliminarse por completo, por lo que se recomienda aplicar medidas preventivas estrictas, como el calentamiento o escaldado de los insectos para reducir su carga bacteriana. También se deben evitar condiciones de hacinamiento y estrés, ya que los patógenos que afectan a los invertebrados suelen multiplicarse con rapidez en sistemas de cría masiva con estas características. Asimismo, resulta fundamental controlar la calidad del alimento suministrado a estos insectos, para prevenir la acumulación de toxinas, y garantizar que no ocurra una liberación accidental o controlada de los ejemplares.

Retos y oportunidades en México

En cuestión de regulaciones, México no cuenta con normas específicas que aprueben o prohíban la alimentación animal con insectos. En cambio, desde el 2021, países europeos autorizaron el uso de insectos, como el Tenebrio molitor, en la alimentación de aves, cerdos y especies acuícolas, ya sea congelados, deshidratados o en polvo. En México existen normas que regulan los productos para consumo animal y para transformar y emplear despojos animales en la alimentación animal. Sin embargo, hace falta una normativa específica que regule la producción y comercialización de insectos, de tal modo que se asegure la calidad e inocuidad de los productos hechos a base de Tenebrio molitor.

Respecto a la aceptación cultural, se desconoce la opinión de productores y consumidores, pero se tiene la preocupación de que desconfíen del uso de insectos como alimento de otros animales. De acuerdo con entrevistas en diversos países de Europa, más de la mitad de las personas entrevistadas están dispuestas a aceptar la incorporación de insectos en la dieta de animales, especialmente de peces y aves de corral, aunque admiten que les hace falta conocer más sobre el tema. Considerando que México se caracteriza por ser uno de los principales países consumidores de insectos,

se esperaría la aceptación del uso de tenebrios para la alimentación de pollos,

especialmente porque el consumidor no vería al insecto, que es lo que en ocasiones les provoca desagrado. Se ha valorado que un reto importante es el costo de producción, pues actualmente se paga alrededor de \$400 por 250 gramos de harina de Tenebrio molitor. Sin embargo, como se mencionó, se busca que las UPF puedan implementar el uso de este insecto en la dieta de los pollos, por lo que para hacer rentable esta práctica, los productores también podrían dedicarse a criar sus tenebrios.

Es importante mencionar que las hembras pueden poner de 200 a 500 huevos en toda su vida, lo que hace aún más factible su crianza y uso a largo plazo.

La cría de los tenebrios es compatible con las UPF puesto que no requiere de mucho manejo, espacio, ni recursos ni infraestructura. Los productores pueden alimentar a las larvas con los residuos orgánicos que queden en su hogar y de sus cosechas. Posteriormente procesarían los tenebrios para obtener la harina que les ofrecerán a las aves. Por último, habrían de recolectar el excremento de los pollos para después utilizarlo como abono para sus cultivos agrícolas y así continuar de nuevo con el ciclo de producción, mientras reducen significativamente los costos (Figura 2). Otra opción es utilizar el excremento de los propios tenebrios (llamado “frass”) como un fertilizante orgánico, pues contiene altos niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, todos nutrientes esenciales para las plantas.



Figura 2. Ciclo de economía circular con el Tenebrio molitor. Figura elaborada en OpenAI, DALL-E 3, 2025 (<https://openai.com/index/dall-e-3/>).

En los últimos años se ha observado que los tenebrios pueden ser alimentados con una dieta que contenga hasta 50% de la cama sobre la que caminan las aves, sin que se afecte su desarrollo larvario ni presenten bacterias causantes de enfermedades. De esta forma se demuestra cómo el uso de Tenebrio molitor en la industria avícola puede volverse un modelo de economía circular.

Conclusión

Se vislumbra que la harina de Tenebrio molitor es una fuente rica en energía, proteínas y ácidos grasos poliinsaturados. Su uso en la dieta de los pollos favorece su crecimiento, salud y desarrollo, por lo cual representa una opción viable para establecer un modelo de economía circular donde se procure la sostenibilidad y la soberanía alimentaria de las unidades de producción familiar.

Sin embargo, para que esta práctica se implemente dentro de las UPF se requiere de bases legales que favorezcan el desarrollo y la regulación de la producción y uso de insectos.

De igual forma, se necesita que toda esta información sobre los beneficios del uso de los tenebrios llegue a la mayor cantidad posible de personas.

Así que gracias por interesarte por el tema y ¡corre la voz! Si quieres conocer más sobre el Tenebrio molitor y los hallazgos que se han observado tras su implementación en la dieta de aves, te invitamos a revisar las siguientes referencias bibliográficas.



Referencias

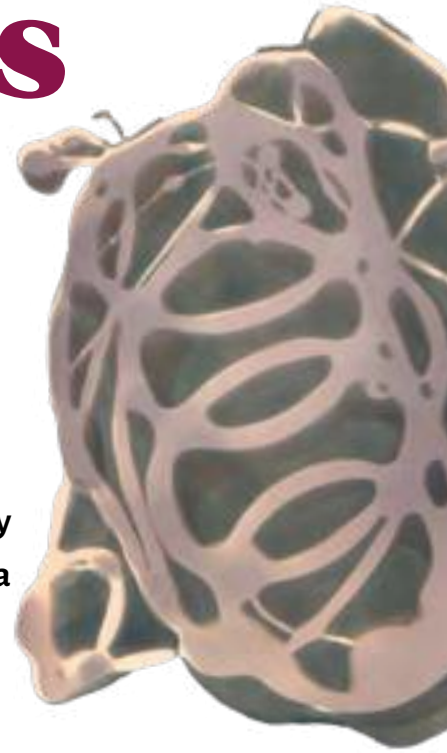
- Arévalo, H. A., Menjura, E. M., Barragán, K. B. & Vásquez, S. M. (2022). Implementation of the HACCP system for production of Tenebrio molitor larvae meal. *Food Control*, 138, 109030. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2022.109030>
- Consejo Mexicano de la Carne. (2024). Compendio estadístico 2024. COMECARNE. <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2024/05/compendio-estadistico-2024-V2.pdf>
- Ghosh, A., Kumar, A. & Biswas, G. (2024). Exponential population growth and global food security: challenges and alternatives. En P. Kumar, A. L. Srivastav, V. Chaudhary, E. D. van Hullebusch, & R. Busquets (eds.), *Bioremediation of Emerging Contaminants from Soils: Soil Health Conservation for Improved Ecology and Food Security* (pp. 1-20). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13993-2.00001-3>
- Hussain, I., Khan, S., Sultan, A., Chand, N., Khan, R., Alam, W. & Ahmad, N. (2017). Meal worm (Tenebrio molitor) as potential alternative source of protein supplementation in broiler. *International Journal of Biosciences*, 10(04), 255-262. <https://doi.org/10.12692/IJB/10.4.255-262>
- Ortiz Padilla, W., Campos Montes, G. R., Cala Moreno, N. & Cabañero Zamora, A. (2024). Cría y comercialización de insectos comestibles como fuente alternativa de proteína a nivel global. *Spei Domus*, 20(1), 1-22. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2024.01.02>
- Parlar, M. & Ustundag, A. O. (2024). Effects of adding mealworm (Tenebrio molitor L.) as a replacement for fish meal to broiler chicken diet on performance, carcass parameters, meat quality and nutrient digestibility. *Tropical Animal Health and Production*, 56(8), 386. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04230-5>



Más allá de los bochornos:

la salud mental durante la menopausia

Pastor Alejandro Díaz Cancela y
Juan Francisco Rodríguez Landa



Comprender la menopausia

Hemos notado que conforme avanza la edad, algunas mujeres desarrollan con mayor frecuencia un deterioro de su salud física y mental. Entre las alteraciones relacionadas con la salud mental se encuentran el aumento de síntomas de irritabilidad, ansiedad, depresión y deterioro cognitivo y cambios conductuales, entre otros. Esto es más evidente cuando se encuentran en la etapa de cambio de una vida reproductiva a una no reproductiva denominada comúnmente como *la transición a la menopausia*.

En este caso, han pasado por nuestra mente las siguientes preguntas: ¿por qué repentinamente ocurren esos cambios del humor? ¿Es normal que sientan que su mente se nubla o que su memoria ya no es la misma después de los 45? ¿Qué tienen en común la ansiedad, la depresión, los cambios del humor y los bochornos nocturnos en la menopausia? ¿Qué significan esos cambios en la mujer? Por estas razones, en este artículo se busca explicar este proceso en la vida de la mujer.

Haremos conciencia sobre este proceso natural, con el fin de comprender lo que pueden sentir durante la transición hacia la menopausia.

Además, se brinda información acerca de las bases biológicas y psicológicas que explican parte de las alteraciones presentes durante este periodo. Esto nos llevará a entender que la menopausia es un proceso natural donde los síntomas pueden ser de moderados a severos y que impactan negativamente en la calidad de vida de la mujer. Por lo que es importante desarrollar empatía hacia ellas, entender y comprender que esta fase es de alta vulnerabilidad para el desarrollo de diversas enfermedades.

Entremos en el tema. La menstruación es un indicador del inicio de la etapa reproductiva de la mujer en la que ocurren cambios fisiológicos, conductuales y emocionales. En esta etapa, el organismo comienza a adaptarse para que, en caso de haber un embarazo, se lleve a cabo en las mejores condiciones. Esos cambios están asociados con la producción de hormonas ováricas que tienen la capacidad de definir los caracteres sexuales externos, regular procesos reproductivos y algunos estados emocionales.

La etapa reproductiva de las mujeres tiene un inicio y un final. Incluye un determinado número de años que, en su mayoría, es el mismo para la población mundial, generalmente desde la pubertad hasta los 45 a 50 años. En México, el promedio de edad en la que aparece la menopausia es alrededor de los 48 años. Cuando inicia el fin de la etapa fértil, hay cambios repentinos en la producción de hormonas ováricas como el estradiol y la progesterona y otras sustancias que regulan órganos, sistemas y las emociones. Esta nueva etapa es denominada como *la transición a la menopausia*, *climaterio* o simplemente *menopausia*; caracterizada por cambios conductuales, biológicos, psicológicos y sociales.

La menopausia inicia con el deterioro de la función folicular de los ovarios, que produce la disminución de las concentraciones de estradiol y progesterona.

Además, se acompaña de cambios biológicos que predisponen al desarrollo de diversas enfermedades, tanto físicas como psicológicas. Esto genera, en su mayoría, malestares que afectan la vida cotidiana de la mujer.



Es importante resaltar que, la menopausia, al ser un estado fisiológico natural aparecerá en algún momento de la vida de las mujeres, quizá en distintas edades, pero siempre con síntomas similares que van de moderados o severos; esto dependerá del estilo de vida, la carga genética y el entorno socioambiental. La menopausia no es un estado único: consta de diferentes etapas que se clasifican de acuerdo con sus características fisiológicas y síntomas específicos, tal como se describe a continuación.

La primera etapa es la premenopausia. Se trata del paso de la vida reproductiva a la no reproductiva. Los primeros cambios se manifiestan en el ciclo menstrual y aparece alrededor de los 45 años, aunque varía de una mujer a otra. Durante este periodo los ovarios empiezan a disminuir gradualmente la producción de hormonas, principalmente estrógenos y progesterona. Esto provoca que los ciclos menstruales se vuelvan irregulares, con sangrados más abundantes o escasos de lo habitual. Además, aparecen síntomas como bochornos o sofocos, sudoración nocturna, alteraciones del sueño, cambios en el estado de ánimo y una disminución de la fertilidad. Esta etapa puede prolongarse durante varios años antes de que llegue la menopausia.

La segunda etapa es la perimenopausia. Esta etapa inicia algunos años antes de la última menstruación y puede extenderse hasta doce meses después de ella. Se caracteriza por la disminución de la producción de estrógenos y progesterona. Esto ocasiona ciclos menstruales muy variables, a veces más cortos y, en otros casos, más largos de lo normal; incluso pueden estar ausentes. Durante esta etapa se intensifican los síntomas típicos de la menopausia, como son los sofocos, el insomnio, la resequedad del tejido vaginal y cambios del estado de ánimo. Es importante señalar que, aunque la fertilidad en esta etapa está disminuida, aún existe la posibilidad de embarazo.

La tercera etapa se denomina menopausia. Es el momento en el que ocurre la última menstruación. Desde el punto de vista médico, se confirma cuando han transcurrido al menos doce meses consecutivos sin menstruación, sin que se asocie con alguna enfermedad. La causa principal de la menopausia es el agotamiento de los folículos ováricos, que conlleva a una marcada disminución en la producción de hormonas. En esta etapa, los síntomas son más notorios y frecuentes: los sofocos se intensifican, hay periodos de insomnio, resequedad del tejido vaginal, disminución del deseo sexual, problemas metabólicos y enfermedades cardiovasculares; además de cambios en el estado emocional que incluyen el aumento de irritabilidad, ansiedad y síntomas de depresión. En etapas más avanzadas, ocurren alteraciones de la memoria y de la concentración.

La cuarta etapa es la postmenopausia. Esta etapa inicia en promedio un año después de la última menstruación y se extiende por el resto de la vida. Aunque los síntomas vasomotores como los sofocos o sudores nocturnos pueden continuar, tienden a reducir su intensidad con el paso del tiempo. No obstante, debido a la continua baja en la producción de estrógenos, aumenta el riesgo de complicaciones de la salud, entre ellas, el desarrollo de osteoporosis, enfermedades cardiovasculares y, en algunos casos, deterioro cognitivo y desórdenes neurodegenerativos. Es por ello por lo que, aunque la mujer intenta tener una apariencia externa de normalidad, en su interior hay diversas alteraciones que impactan negativamente en su calidad de vida.

La disminución progresiva de los síntomas físicos como los sofocos o la fatiga permite una adaptación que va más allá del plano hormonal. Si bien los niveles bajos de estrógenos conllevan ciertos riesgos para la salud, también invitan a la mujer a adoptar estilos de vida más conscientes, saludables y activos, fortaleciendo su autonomía y bienestar integral.

La menopausia puede entenderse como una oportunidad de autocuidado, autoconocimiento y resignificación del propio cuerpo, donde la experiencia acumulada y la libertad frente a los ciclos reproductivos otorgan una nueva forma de poder personal.

¿Hormonas y cerebro? Ahora bien, ¿cómo se relaciona la menopausia con el cerebro y la salud mental? Esta es una pregunta clave. Las hormonas tienen la capacidad de regular diversos procesos fisiológicos, neuroanatómicos y neuroquímicos que son vitales para el organismo, por lo tanto, su ausencia afecta el adecuado funcionamiento del organismo y, particularmente, del cerebro. Las hormonas son parte



fundamental para el desarrollo de las mujeres y los hombres, debido a que participan en el desarrollo, crecimiento y la reproducción de los seres humanos; pero, además, existen funciones “escondidas” reguladas por ellas que son indispensables para la supervivencia y bienestar de los individuos.

Los estrógenos como el estradiol, conocidos como “hormonas sexuales femeninas”, desempeñan un papel clave en el funcionamiento del sistema nervioso. Estas hormonas actúan como neuroprotectoras al reducir el estrés oxidativo, la neuroinflamación y promover la plasticidad neuronal. Esto implica reducir la concentración de sustancias que dañan las paredes de las neuronas, reducir los mensajeros que producen la inflamación de las células nerviosas y facilitar el nacimiento de nuevas neuronas para mantener un buen funcionamiento cerebral. Aunado a ello, son capaces de regular la producción y liberación de neurotransmisores cerebrales como la serotonina, dopamina y noradrenalina, que regulan el estado de ánimo, los patrones de sueño y los procesos cognitivos, entre otros.

En el caso de la cognición, las hormonas ováricas ayudan a mejorar la memoria y el aprendizaje al mantener un correcto funcionamiento de estructuras cerebrales como el hipocampo y la corteza prefrontal. Estos efectos se deben a su interacción con receptores a estrógenos denominados como tipo alfa y beta ($ER\alpha$ y $ER\beta$). Estos receptores se distribuyen en varias regiones del sistema límbico en el cerebro, por lo que juegan un papel indispensable en la regulación de procesos emocionales (ansiedad), afectivos (depresión) y cognitivos (memoria). Además, de prevenir el desarrollo de desórdenes neurodegenerativos como el Alzheimer y el Parkinson.

Síntomas psicológicos y emocionales frecuentes

Si bien los cambios emocionales en la mujer se asocian con bajos niveles de hormonas ováricas, es importante resaltar que no son solo provocados por las hormonas. Recordemos que los síntomas psicológicos pueden ser desencadenados por múltiples factores, siendo más comunes los biológicos y socioambientales.

A través de investigación en mujeres que cursan por la menopausia, se ha identificado que un alto porcentaje de ellas tienen cambios del humor de forma repentina, estos cambios incluyen un aumento en los estados de irritabilidad, ansiedad generalizada prolongada, síntomas de depresión y apatía por realizar actividades que antes eran de su agrado. La intensidad y duración de esos síntomas depende de diversos factores incluidos los biológicos, los estilos de vida, la alimentación, la realización de actividad física y las dinámicas sociales, familiares y laborales.

En cuanto a los aspectos biológicos, la disminución de las concentraciones de hormonas esteroides se acompaña también de la reducción de los niveles de serotonina, un neurotransmisor que regula las emociones, los estados de sueño/vigilia, la ingesta de alimento, y la libido, entre otros.

Estos cambios impactan a nivel cognitivo dado que modifican las estructuras cerebrales encargadas del procesamiento de la memoria y la atención; tales como el hipocampo y la corteza prefrontal.

El deterioro de las estructuras antes mencionadas no significa solo una afectación física; pensémoslo como el desgaste de una herramienta que, aunque es funcional, presenta cambios normales por el constante uso, como ocurriría por ejemplo con una computadora. Quizás te hayas percatado que las mujeres que cursan por la menopausia en muchas ocasiones olvidan donde dejaron las llaves o donde guardaron un objeto para que no se les fuera a perder o más aún, buscan sus anteojos cuando los han colocado sobre su cabeza o incluso los están usando; esto implica parte del deterioro cognitivo.

Adicionalmente, durante la menopausia ocurren cambios en los patrones de sueño, aparecen periodos de insomnio o sueño no reparador, que conlleva a una mayor predisposición para el desarrollo de síntomas de ansiedad, depresión y bajo rendimiento cognitivo en actividades cotidianas, así como enfermedades neurodegenerativas.

Factores de riesgo para trastornos mentales en la menopausia

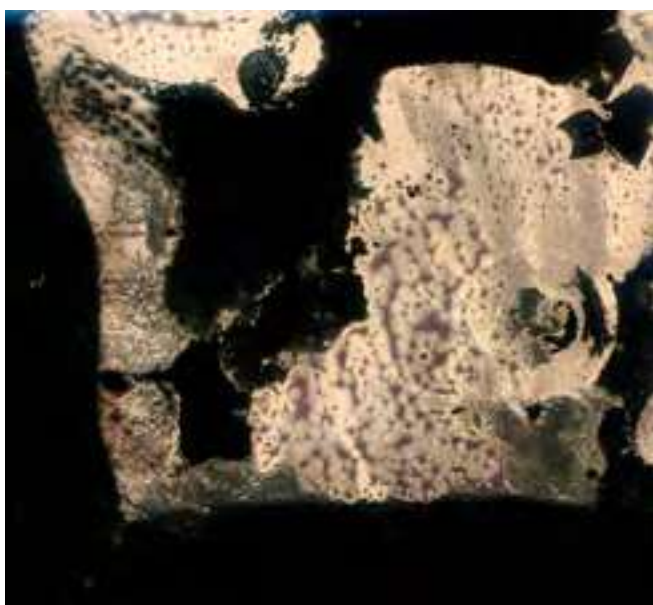
La salud mental es un estado complejo que depende de factores externos e internos, o más bien, factores sociales, ambientales, económicos y biológicos, entre otros. Estas variables pueden ser entendidas como condiciones de riesgo que ponen en mayor vulnerabilidad a las personas para padecer o presentan problemas psicológicos, como es el caso de la menopausia por su carga biológica.

La menopausia se acompaña de una carga social y cultural que puede ser altamente estresante para ellas.

Es decir, que las mujeres que transitan por la menopausia no solo deben lidiar con problemas biológicos que alteran el funcionamiento de su cuerpo, sino también con situaciones en su vida cotidiana que afectan su estabilidad mental.

En México, lamentablemente se ve a las mujeres que cursan por la menopausia como personas “inestables”, considerándose por muchos un insulto el decir “estas menopáusica”. Esto resalta la poca o nula comprensión de los cambios que pasa una mujer en esta etapa, además de que es una forma de vulnerar el desarrollo de esta fase vital, ya que se generan redes de apoyo poco eficientes para ellas, suponiendo un riesgo para el desarrollo de síntomas de depresión durante y después de la aparición de este periodo.

Si bien, la menopausia no siempre implica una serie de cuidados excesivos para las mujeres, es necesario que existan redes de apoyo que las hagan sentir comprendidas y sostenidas durante la aparición de los síntomas. De igual forma, a nivel social se debe generar conciencia, ya que incluso, situaciones laborales pueden ser problemáticas o de riesgo.



Es necesario que las mujeres que cursan por esta situación tengan acceso a la información que ayude a entender este estado natural de su vida.

Y no solo ellas, sino también sus familias y la sociedad en general, con el objetivo de desarrollar conductas de empatía, redes de apoyo y entornos saludables eficientes que mantengan un equilibrio fisiológico y psicológico que mejore su calidad de vida.

Estrategias de afrontamiento y tratamiento

Pero ¿cómo se puede afrontar la menopausia? ¿Cómo se debe tratar? ¿Qué se hace en estos casos? No todo es tan malo, hay formas de hacer que la menopausia sea un tanto más “llevadera”, permitiendo a las mujeres reducir sus síntomas y tener una vida con menor deterioro. La forma más común de tratar esta situación es mediante tratamientos hormonales y farmacológicos.

La terapia hormonal sustitutiva es muy usada debido a sus rápidos efectos en el organismo, al reintegrar hormonas al cuerpo y reactivar algunas funciones.

En sistemas como el óseo cardiovascular, genitourinario y nervioso. Sin embargo, no siempre es la mejor opción, ya que diversos estudios han mostrado que el uso prolongado de esta terapia hormonal en mujeres que son vulnerables puede activar células cancerígenas y con ello incrementar el riesgo de desarrollo de cáncer de mama, útero o miometrio.

La indicación de la terapia hormonal debe realizarse de forma individualizada, considerando la edad, el tiempo transcurrido desde la última menstruación, el estado general de salud y los antecedentes médicos de cada mujer; siempre considerando usar la dosis mínima efectiva y el menor tiempo posible. Su uso se recomienda principalmente en mujeres menores de sesenta años o dentro de los primeros diez años tras la menopausia, cuando los beneficios como la protección ósea, la reducción de los sofocos y la mejora del bienestar psicológico superan los posibles riesgos. Sin embargo, se debe tener cuidado al recomendar la terapia hormonal en casos con antecedentes personales o familiares de cáncer hormonodependiente, trombosis venosa, enfermedades hepáticas severas o cardiovasculares activas. Por ello, la evaluación médica y endócrina previa al tratamiento resulta indispensable, garantizando un tratamiento seguro y adaptado a las características biológicas y emocionales de cada mujer.



Por otro lado, para el control de los síntomas emocionales y afectivos, se han utilizado fármacos ansiolíticos y antidepresivos. No obstante, algunas mujeres no responden favorablemente a las acciones terapéuticas y pueden presentar efectos indeseables que limitan su uso. Entre esos efectos indeseables se encuentra, el potencial desarrollo de dependencia física o psicológica, alteraciones del peso corporal y del apetito, así como alteraciones de los periodos de sueño/vigilia. Lo anterior muestra la necesidad de buscar alternativas para el manejo de los síntomas asociados con la menopausia.

En la naturaleza existen moléculas que pueden producir efectos benéficos para la salud, tales como los flavonoides y, particularmente, los fitoestrógenos o isoflavonas.

Estos últimos, se encuentran en cereales como la soya y tienen la capacidad de activar a los receptores donde las hormonas estrogénicas ejercen sus acciones, pero con una reducida posibilidad de activar oncogenes y desarrollar algún tipo de cáncer.

La terapia con fitoestrógenos es una alternativa natural al uso de los estrógenos, lo que permite al organismo responder favorablemente a sus efectos disminuyendo gradualmente algunos de sus síntomas. No obstante, aunque esta sea una terapia menos riesgosa y con

efectos benéficos para la salud, es necesario que sea recetada y supervisada por un médico especialista y evitar la automedicación que muchas veces es recomendada por familiares o amigos. Recordemos que, lo que para una persona fue benéfico, para otra puede ser peligroso. Aquí la importancia de consultar siempre a un médico de confianza.

Asimismo, el tratamiento de los síntomas emocionales y afectivos de la menopausia no solo es con el uso de medicamentos o la ingesta de alimentos específicos, también existen propuestas terapéuticas alternas con evidencia creciente sobre su eficacia clínica. Entre ellas se incluyen la terapia psicológica, particularmente las intervenciones cognitivo-conductuales, que han demostrado reducir los niveles de ansiedad y depresión asociados con los cambios hormonales de esta etapa. Por otro lado, las técnicas de *mindfulness* favorecen la regulación emocional y mejoran la calidad del sueño al disminuir la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, lo que reduce los niveles de cortisol y mejora la sensación de bienestar general.

Realizar actividades complementarias para reducir los síntomas, contribuirá a llevar una vida plena.

La práctica regular de ejercicios de fuerza o aeróbicos tiene un impacto directo sobre los síntomas vasomotores y el estado de ánimo, al promover la liberación de endorfinas y mejorar la función cardiovascular y metabólica. Estas estrategias no solo actúan sobre el plano psicológico, sino que también modulan mecanismos fisiológicos vinculados con la disminución estrogénica, ofreciendo una alternativa o complemento seguro frente a la terapia hormonal sustitutiva, cuyo uso prolongado puede implicar riesgos cardiovasculares y de cáncer de mama.

Además de los medicamentos, los hábitos saludables pueden funcionar como factores protectores contra los padecimientos de la menopausia.

En conjunto, las terapias alternativas y los hábitos saludables constituyen intervenciones con potencial clínico relevante, ya que contribuyen de manera integral a reducir la ansiedad, el insomnio, la irritabilidad y otros síntomas característicos de la menopausia, favoreciendo así una mejor calidad de vida y bienestar general.

¿Qué podemos concluir?

La menopausia debe verse como una etapa natural y universal en la vida de las mujeres, y no como algo anormal o como una enfermedad, mucho menos como motivo de estigma. Los cambios hormonales que se presentan pueden afectar el cuerpo, la mente y las emociones, pero comprenderlos nos ayuda a derribar los mitos que por años han generado miedo, incomodidad o incluso mofas hacia quienes cursan por esta etapa.

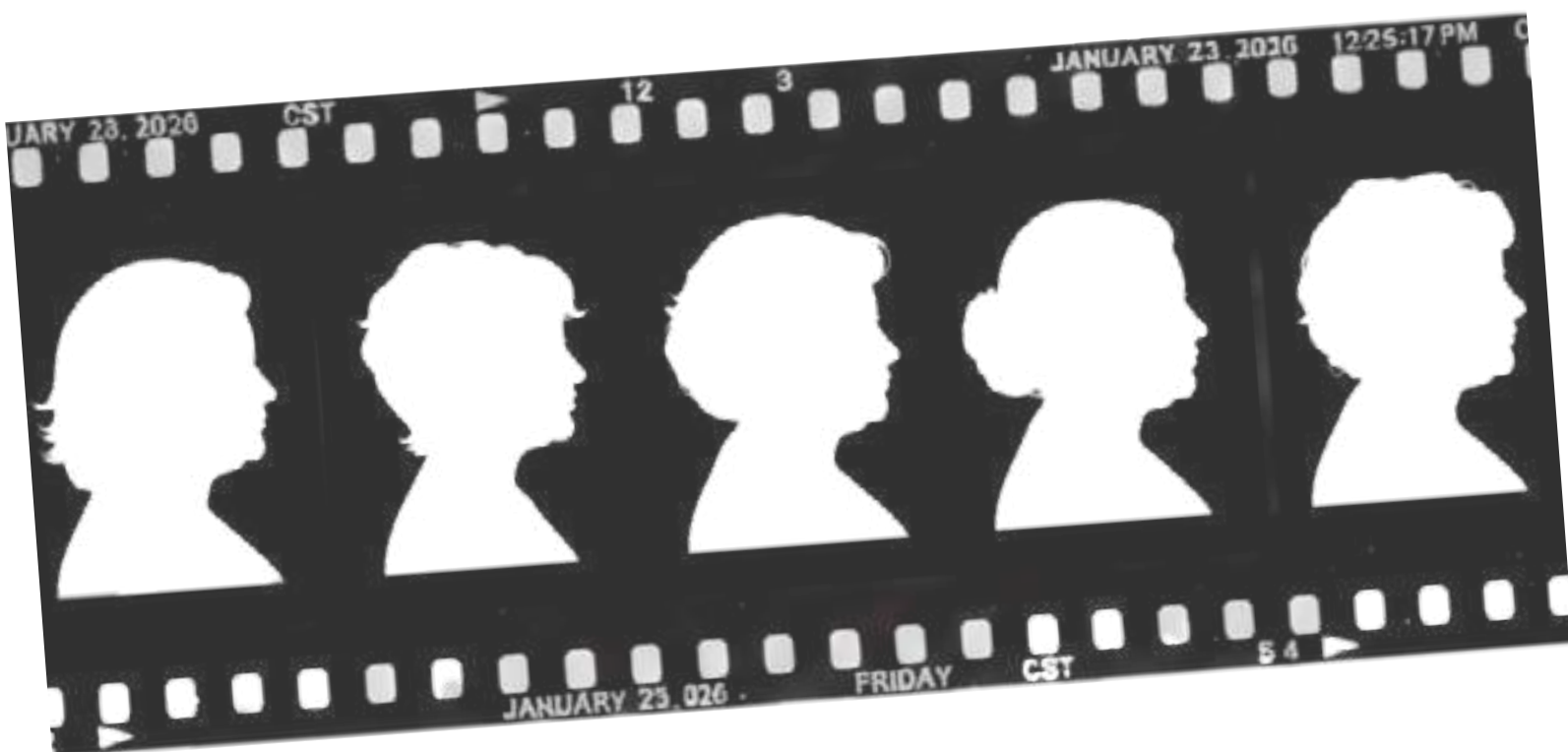
Los bochornos, el insomnio, la ansiedad o la “mente nublada” no son signos de debilidad; son manifestaciones de un proceso fisiológico normal en el que las hormonas dejan de cumplir el mismo papel regulador en el cerebro y en otros sistemas corporales. Reconocer esto, permite que la mujer se sienta comprendida y también abre la puerta para tratar sus síntomas de manera adecuada. Ya sea con apoyo médico, alternativas naturales supervisadas por especialistas, terapia psicológica o la práctica de hábitos saludables como el ejercicio, la alimentación balanceada y el descanso reparador, se puede reducir el impacto de los cambios hormonales durante la menopausia. Es importante destacar que la menopausia no es un evento aislado.

Las creencias sociales, los prejuicios y la falta de redes de apoyo influyen en cómo cada mujer vive esta transición.

Por eso, romper con las falsas creencias acerca de la menopausia y reemplazarlas por una mirada empática y respetuosa, basada en el conocimiento científico, resulta fundamental para generar una sociedad más consciente y justa sobre este estado natural de la mujer.

Finalmente, la menopausia debe entenderse como un proceso de transformación que, lejos de ser un final, representa una nueva etapa de la vida de la mujer. Con información clara, acompañamiento familiar y social y las estrategias de afrontamiento adecuadas, es posible transitar este periodo con dignidad, plenitud y bienestar. Reconocer a la menopausia como una fase de renovación, permite resignificarla no como una pérdida, sino como una oportunidad para fortalecer la autonomía, reconectar con el propio cuerpo y vivir con mayor conciencia y libertad.

La mujer no solo subsiste a los cambios biológicos, sino que los trasciende, encontrando en ellos una fuente de sabiduría y empoderamiento personal que la puede llevar a una vida plena.





Para más información

- Belardo, M. A., Starvaggi, A., Cavanna, M. M. & Pilnik, S. (2018). Estrategias no farmacológicas para el manejo de los síntomas vasomotores en la menopausia. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 64(1), 61-67.
- Bravo Polanco, E., Águila Rodríguez, N., Benítez Cabrera, C. A., Rodríguez Soto, D., Delgado Guerra, A. J. & Centeno Díaz, A. (2019). Factores biológicos y sociales que influyen en la salud de la mujer durante el climaterio y la menopausia. *MediSur*, 17(5), 719-727.
- Matud, M. P., Correa, M. C., Bethencourt, J. M. & Del Pino, M. J. (2014). Relevancia del estatus menopáusico en las diferencias en salud mental entre mujeres y hombres. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 927-936. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.172191>
- Medina, L. R. I. R., Maytorena, R. S. & Ojeda, G. M. (2025). Menopausia y salud mental: desafíos y perspectivas integradas. *RECIE FEC-UAS Revista de educación y cuidado integral en enfermería Facultad Enfermería Culiacán*, 2(3), 184-191.
- Núñez, D. C. & Méndez, D. N. (2014). Aspectos sociopsicológicos del climaterio y la menopausia. *Medisan*, 18(10), 1388-1398.
- Rodríguez Landa, J. F., Puga Olguín, A., Germán Ponciano, L. J., Olmos-Vázquez, O. J. & Bernal-Morales, B. (2018). Phytoestrogens as potential therapeutic agents for the treatment of anxiety and affective disorders. *Studies in Natural Products Chemistry*, 58, 133-159. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64056-7.00005-2>
- Torres Jiménez, A. P. & Torres Rincón, J. M. (2018). Climaterio y menopausia. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 61(2), 51-58.
- Vargas Uricoechea, H., Castellanos Pinedo, A., Urrego Noguera, K., Vargas Sierra, H. D., Pinzón Fernández, M. V., Barceló Martínez, E. & Ramírez-Giraldo, A. F. (2024). Mindfulness-based interventions and the hypothalamic–pituitary–adrenal axis: A systematic review. *Neurology International*, 16(6), 1552-1584.



Aptitudes sobresalientes, género y familia: una combinación decisiva en la educación

Arcelia Esperanza Padrón González y
Rossana Bigurra de la Hoz

¿Se han preguntado si la forma en que educan a sus hijas e hijos realmente les ayuda a sobresalir o, sin querer, les pone una barrera?

En este artículo se aborda cómo los estilos de crianza de los padres pueden ser un puente o un freno para que sus hijas e hijos con aptitudes sobresalientes desarrollen su potencial, además de reflexionar sobre cómo las expectativas y los roles de género influyen en la crianza y en las oportunidades que se les brindan a las niñas y niños para que puedan explorar y potenciar sus habilidades al máximo.

¿Quiénes son los niños y niñas con aptitudes sobresalientes?

No son solo quienes sacan dieces o ganan concursos, son niños y niñas que tienen una forma única de pensar, crear, resolver problemas o expresarse. A veces son curiosos, hacen preguntas que dejan pensando a los adultos o se apasionan tanto con un tema que pueden pasarse horas investigando. Son aquellos capaces de destacar significativamente del grupo social y educativo al que pertenecen; sin embargo, a pesar de sus capacidades también presentan necesidades educativas específicas y por ello requieren un contexto que permita que desarrollen sus capacidades (SEP, 2024).

¿De qué otra manera se les nombra?

También se les conoce como *superdotados*, *sobredotados*, *altas capacidades*, *talentos*, entre muchos otros, los conceptos han ido cambiando a lo largo de la historia y dependen del

contexto, el enfoque y modelo teórico. En México el modelo de identificación y atención parte de un enfoque sociocultural el cual considera el contexto que condiciona la forma como se desarrollan los estudiantes, por ello se recurre al concepto *aptitudes sobresalientes* y, en el ámbito internacional, al de *altas capacidades* (SEP, 2024).

Y, ¿por qué es tan importante hablar de crianza y género? A nivel mundial, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) establece un plan de acción global cuyo objetivo principal es abordar los principales desafíos que enfrenta la humanidad y el planeta, los cuales quedan plasmados en la Agenda 2030, además tanto la ONU como el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) promueven un enfoque de crianza para fomentar el desarrollo integral de niñas y niños. Todos los países miembros de la ONU tienen que realizar acciones para enfrentar estos desafíos, incluyendo México.

El objetivo número 5, sobre igualdad de género, que además de ser un derecho fundamental, es esencial para construir un mundo pacífico y próspero. Sin embargo, a pesar de los avances, continúa sin cumplirse la promesa de un mundo en el que todas las mujeres y niñas disfruten de la plena igualdad de género y donde se haya eliminado todas las barreras que impiden su pleno desarrollo en las diferentes esferas de la vida pública y privada, por ello la importancia de continuar realizando acciones que minimicen la brecha de género.





Otro objetivo de la Agenda 2030 importante es el 4, que busca garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, así como promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

Y es que la educación ayuda a reducir las desigualdades y alcanzar la igualdad de género, la familia es el primer escalón en la educación de sus hijas e hijos,

el ambiente en casa, las reglas, el apoyo, las expectativas, las relaciones que se establecen moldean la forma en que las niñas y los niños se ven a sí mismos y cómo exploran el mundo. Los estilos de crianza, también conocidos como *estilos parentales*, son puentes para niñas y niños en su desarrollo integral frente a las barreras que frenan su crecimiento. Al hablar de *aptitudes sobresalientes* el acompañamiento cotidiano de madres y padres es la diferencia entre un talento que brilla y uno que se apaga. Esto se debe en gran parte a que las expectativas y prácticas de crianza no siempre son las mismas para niñas y niños, y estas diferencias influyen directamente en cómo se desarrollan y expresan sus capacidades. Por ello, es fundamental reconocer que el género atraviesa la crianza y puede potenciar o limitar las oportunidades de desplegar plenamente el talento.

¿Qué son los estilos de crianza?

Son las diferentes formas en que las madres, padres o cuidadores interactúan y crían a sus hijas e hijos, la forma en que se ponen límites, cómo se dan muestras de afecto, cómo se establece la comunicación, es decir, cómo se acompaña su crecimiento día con día (Zacatelco *et al.*, 2019). Si no hay un manual único de crianza, se han realizado numerosas investigaciones para identificar las diferentes formas de criar y cada una tiene efectos distintos en el desarrollo integral, ya sea a nivel emocional, social o académico de las niñas y los niños.

La autoritaria, por ejemplo, se caracteriza por reglas muy estrictas y poca comunicación; puede enseñar obediencia, pero también generar miedo o baja autoestima. Por otro lado, la permisiva ofrece libertad

con pocas reglas; fomenta independencia, aunque puede traer dificultades con la disciplina y los límites. La crianza democrática combina normas claras con escucha y diálogo, lo que fortalece la seguridad y la responsabilidad. Finalmente, la crianza indiferente o negligente implica poca atención a las normas y a las emociones, afectando negativamente el desarrollo. Entre estos estilos, la crianza democrática o respetuosa es la que más favorece el crecimiento integral de niñas y niños (Córdoba, 2014).

¿Y por qué importa tanto el estilo de crianza?

La crianza impulsa o frena el talento, además moldea de manera profunda el desarrollo físico, emocional, social e intelectual teniendo un impacto en la personalidad y comportamiento, así las niñas o niños con grandes habilidades pueden apagarse si se sienten juzgados, presionados o no escuchados. En cambio, si se sienten aceptados, apoyados y valorados por lo que aman hacer, es más probable que confíen en sí mismos.

Reflexionar sobre el estilo de crianza, no se trata de juzgar, sino de observar si se está acompañando el talento de las niñas y los niños con libertad y respeto

o si se están repitiendo estereotipos que limitan; así criar sin etiquetas y con una mente abierta es una de las mejores formas de apoyar a quienes tienen un gran potencial.

El tipo de crianza tiene un impacto directo en el desarrollo integral, en la confianza y formas de manifestar los talentos o aptitudes sobresalientes. Desde muy pequeños, las infancias están observando y absorbiendo todo: la manera de tratarlos, qué se espera de ellos, cómo reaccionan los padres y madres cuando se equivocan o cuando hacen algo bien, es en esos momentos cuando la crianza se vuelve clave. Cuando una mamá o un papá acompaña con respeto, escucha con atención y cree en el potencial de su hijo o hija,





aunque a veces no lo comprenda del todo, está propiciando un espacio seguro para que ese talento florezca. Por el contrario, cuando se ridiculiza, se corrige en exceso, se exige perfección o se ignoran sus intereses solo porque eso "no es para niñas o niños", el infante percibe que aquello que le apasiona no vale y poco a poco su seguridad se ve afectada.

Además, muchas veces sin querer, criamos de forma distinta según el género: a las niñas se les impulsa más en lo emocional, pero se les limita en lo científico, matemático o deportivo. A los niños se les alienta a ser competitivos y fuertes, pero se les frena cuando muestran sensibilidad o creatividad. Estos estereotipos limitan talentos que no encajan con lo que se espera según su género.

Al educar con libertad, sin etiquetas ni prejuicios, no solo se educa mejor, se permite que el talento tenga alas.

¿Es posible lograr una crianza sin estereotipos de género?

Aunque muchas veces no se note, los estereotipos se cuean de forma sutil en la crianza diaria. Están presentes en frases que quizá han escuchado o incluso

repetido, como: "los niños no lloran", "eso es cosa de niñas", "ella es tan responsable, parece una mujercita", o "él no se está quieto, es que es niño". Este tipo de ideas marcan lo que las infancias creen que está bien sentir o hacer, pudiendo reprimir sus emociones, o cuando a una niña se le reconoce como "mujercita" por cuidar a otros, puede sentirse obligada a priorizar a los demás sobre sí misma.

Sin embargo, también se tiene la oportunidad de cambiar estos mensajes, con frases como: "está bien llorar, eso también es parte de ser valiente" o "qué bonito que te guste cuidar, eso es importante para todos, no solo para las niñas", enunciados que permitan abrir posibilidades frente a los discursos arraigados. Criar sin estereotipos no significa hacerlo perfecto, sino estar atentos, cuestionar lo aprendido y permitir que cada niño y niña crezca libre para descubrir quién es, sin límites impuestos por el género.

Desde pequeños, las niñas y los niños con aptitudes sobresalientes no solo necesitan apoyo, también necesitan libertad para ser ellos mismos y desarrollarse a su propio ritmo, aunque en ocasiones los estereotipos de género pueden limitar su potencial de formas que a veces pasan desapercibidas.

Por ejemplo, si una niña es curiosa se le pide que no haga tantas preguntas porque es impertinente o habla mucho, comenzando a reprimirlas. Del mismo modo, si un niño es sensible, se le pide que sea fuerte y valiente todo el tiempo, aprendiendo a ocultar sus emociones. Estas ideas pueden afectar la confianza y el desarrollo integral de las infancias, tanto en el aspecto emocional como en el intelectual.



Algunas niñas con aptitudes sobresalientes tienden a ser perfeccionistas o dudar de sí mismas por miedo a fallar o no cumplir con las expectativas. A diferencia de los niños que suelen ocultar su interés por algunas áreas como la lectura, la música, el arte, porque no se ajustan a lo que culturalmente se espera de un varón

Expectativas según el género

La familia, la escuela y la sociedad en general tienen expectativas según el género, y esto impacta directamente en las oportunidades y decisiones que cada niña o niño puede tomar. Por ello, es importante promover una crianza sin etiquetas ni juicios, basada en el respeto, la libertad y el acompañamiento empático, para que crezcan en un ambiente que promueva su seguridad, autenticidad y confianza en sus talentos.

Frases como: “qué bueno que te hagas preguntas, eso muestra tu curiosidad” o “está bien sentir miedo a veces, es parte de ser valiente” marcan una gran diferencia.

Acompañar sin imponer estereotipos es abrirles un camino para que las infancias sean realmente quienes son y no quienes otros esperan que sean.

¿Cómo puedes apoyar a las infancias a desarrollar su potencial sin distinción de género? Aquí cabe recalcar que no se necesita ser experta ni experto para criar con equidad y apoyar el talento de las niñas y niños. Solo se trata de mirar con atención, escuchar con respeto y actuar con cariño, cuestionando estereotipos y ofreciendo las mismas oportunidades, estímulos y apoyo emocional a todos. Criar y acompañar con equidad no requiere fórmulas complicadas, sino disposición para reconocer y valorar las habilidades y el talento único de cada niña y niño.

Algunos aspectos clave para apoyar el potencial sin distinción de género son:

- Escuchar qué les apasiona, aunque no sea lo esperado; es decir, si tu hija ama los robots, los carritos o legos y a tu hijo le fascina la danza, apóyalos. El interés y la pasión son pistas esenciales del talento, no importa si no encajan en los estereotipos. Dale espacio para explorar lo que les gusta, aunque a ti te parezca raro o diferente.
- Brindar igualdad de oportunidades, sin importar si es niño o niña: animarles a probar las cosas que les causan curiosidad, como los deportes, las ciencias, etcétera.



- Hablar un lenguaje inclusivo y evitar las etiquetas, frases como “eso no es de niñas” o “pareces niña” confunden; en su lugar, usa palabras o frases que los animen, que validen lo que sienten y les hagan saber que está bien ser como son.
- Celebra el esfuerzo durante el proceso, no solo el resultado, a veces los niños con talento se presionan mucho por ser los mejores. Ayúdales a disfrutar el proceso, a aprender de los errores y a entender que no tienen que ser perfectos para ser valiosos.
- Sé su espejo, cuestiona tus propios estereotipos; es decir, la forma en la que tú hablas, reaccionas o eliges también les enseña. Si ven que tú les das permiso para cambiar, dudar o aprender cosas nuevas, se sentirán más libres para hacer lo mismo.
- Apoya sus emociones sin juzgar por el género, acompañar sus emociones sin minimizar lo que sienten, sean niñas o niños, les da seguridad y fortalece su autoestima, que es indispensable para desarrollar cualquier talento.

En un estudio para conocer cómo influyen los estilos parentales en alumnos con aptitudes sobresalientes se encontró que los padres eligen el estilo de crianza de acuerdo con el sexo de su hijo o hija. Además, se observó que las mujeres y los hombres adoptan diferente estilo de crianza: las madres suelen enfocarse en la persistencia y el esfuerzo, mientras que los padres tienden a favorecer las aptitudes cognitivas (Zacatelco *et al.*, 2019).

Estos hallazgos reflejan que los estereotipos de género influyen en la forma en que se educa, incluso con las mejores intenciones.

Por ello, es importante recordar que criar sin distinción de género no significa tratar a todos por igual, sino brindar a cada niña y a cada niño lo que realmente necesita para crecer.

Es como regar una planta: no todas crecen igual, pero todas merecen sol, agua y cuidado.

Con una crianza respetuosa, equitativa y estimulante se propicia que cada niña y cada niño descubra y desarrolle todo su potencial, libre de etiquetas y expectativas limitantes. Criar con libertad es sembrar futuro. Criar sin estereotipos no es fácil, a veces da miedo que las niñas y niños se salgan de lo común o cuesta entender sus intereses porque no se parecen a los nuestros, justo ahí está el reto y la oportunidad.

Las niñas con talento muchas veces se enfrentan a la presión de portarse bien, de no sobresalir demasiado, de no parecer mandonas si opinan o son líderes. Los niños por su parte cargan con la experiencia de ser fuertes, no mostrar emociones, comprender en todo. Ambos pueden sentir que deben esconder partes de sí mismos para encajar. Y eso, poco a poco, apaga su esencia.

Algunos puntos para recordar y que se pueden aplicar desde hoy son: observar sin juzgar, escuchar lo que les gusta, lo que les mueve y lo que se les dificulta, cuestiona tus frases automáticas ¿realmente lo que dices ayuda o limita? Abre espacios para que prueben cosas nuevas, no importa si son de niñas o de niños, nombra sus logros sin comparar, recordando que cada quien avanza a su ritmo, habla de mujeres y hombres que hayan brillado en diferentes áreas, rompe los moldes con ejemplos reales y recuerda que no tienes que saber todo, acompañar con amor y curiosidad ya es mucho.

Criar sin etiquetas

La tarea de acompañar las infancias con aptitudes sobresalientes, el estilo de crianza, puede ser un puente que impulse o una barrera que limite. Criar con respeto, equidad y sin etiquetas no significa tener todas las respuestas ni ejercer una autoridad perfecta, sino tener una disposición constante a observar, escuchar y aprender junto a ellas y ellos.

Significa estar disponibles tanto emocional como afectivamente para construir un entorno donde se sientan libres de explorar quiénes son y qué desean ser, sin miedo a salirse de lo que se espera según su género.

Los estereotipos, aunque parecen inofensivos, cuando se normalizan en la crianza, por ejemplo, al esperar que las niñas sean más responsables o que los niños sean fuertes y competitivos, terminan condicionando la forma en que se vive el talento. En cambio, una crianza equitativa reconoce que cada infancia es única en su manera de sentir, aprender y brillar, y que acompañar ese proceso con sensibilidad es más importante que encajar en moldes preestablecidos.

Estar presentes es ofrecer una base segura desde la cual las infancias con aptitudes sobresalientes pueden crecer sin miedo. Es elegir cada día ser un puente firme, no una barrera invisible. Porque al criar con respeto, confianza y libertad, no solo se contribuye al desarrollo de sus habilidades, también se les da permiso de ser auténticos.

Y es ahí, en ese espacio en donde se sienten aceptados tal como son, permitiéndoles un desarrollo libre de estereotipos.

Agradecimientos: Este trabajo fue apoyado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca doctoral con número de CVU 2050764 otorgada en el Doctorado en Investigación Psicológica en Educación Inclusiva de la Universidad Veracruzana.

Referencias

- Córdoba, J. (2014). Estilos de crianza vinculados a comportamientos problemáticos entre niños, niñas y adolescentes. Tesis de Maestría en Salud Mental, inédita. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Psicología.
- Secretaría de Educación Pública. (2024). Atención educativa a estudiantes con aptitud sobresaliente: preescolar, primaria y secundaria. Versión revisada.
- Zacatelco, F., Osorio, S. & González, A. (2019). ¿Existen diferencias entre estilos parentales y el sexo de sus hijos con aptitudes sobresalientes?, en *Memoria electrónica del XV Congreso de Investigación Educativa*. <http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v15/doc/1948.pdf>

Poco ruido y muchas nueces:

las pupas y su
impresionante
capacidad para
cambiar
sigilosamente

Zyanya Mayoral Peña,
Jesús García Salazar y
Rodolfo Bernal Gamboa



Imagínate despertar un día con alas, antenas y una forma distinta a la de tu nacimiento. En el mundo de los insectos, este cambio radical no es ciencia ficción, es biología. Se llama *metamorfosis*, y es uno de los espectáculos más asombrosos de la naturaleza. Orugas se convierten en mariposa, y larvas pasan a ser escarabajos de armaduras brillantes, este proceso de transformación revela las estrategias evolutivas de los insectos. Sin embargo, existen diferentes formas de metamorfosis, por lo que, para fines de este artículo profundizaremos en la hemimetábola y la holometábola, que varían en complejidad y grado de cambio (Figura 1).

La metamorfosis es un proceso biológico en el que un organismo cambia de forma, fisiología y comportamiento a lo largo de su desarrollo.

Va desde huevo, etapas inmaduras hasta alcanzar su forma adulta. Insectos, como los plecópteros (libélulas o chapulines), viven una metamorfosis hemimetábola o incompleta, con juveniles parecidos al adulto, pero sin alas ni capacidad reproductiva.

Por su parte, los verdaderos transformistas son las mariposas, escarabajos, moscas y abejas, que pertenecen a los insectos holometábolos. Estos atraviesan cuatro etapas (huevo, larva, pupa y adulto) y en cada una cambian radicalmente de estructura y estilo de vida. En este caso la forma de las larvas o gusanos es muy distinta a la de los adultos. Esta estrategia ha sido tan exitosa que sigue presente en la mayoría de los insectos. De todas estas fases, en la que profundizaremos es en la *fase pupal*, ya que ahí es donde todo se transforma.

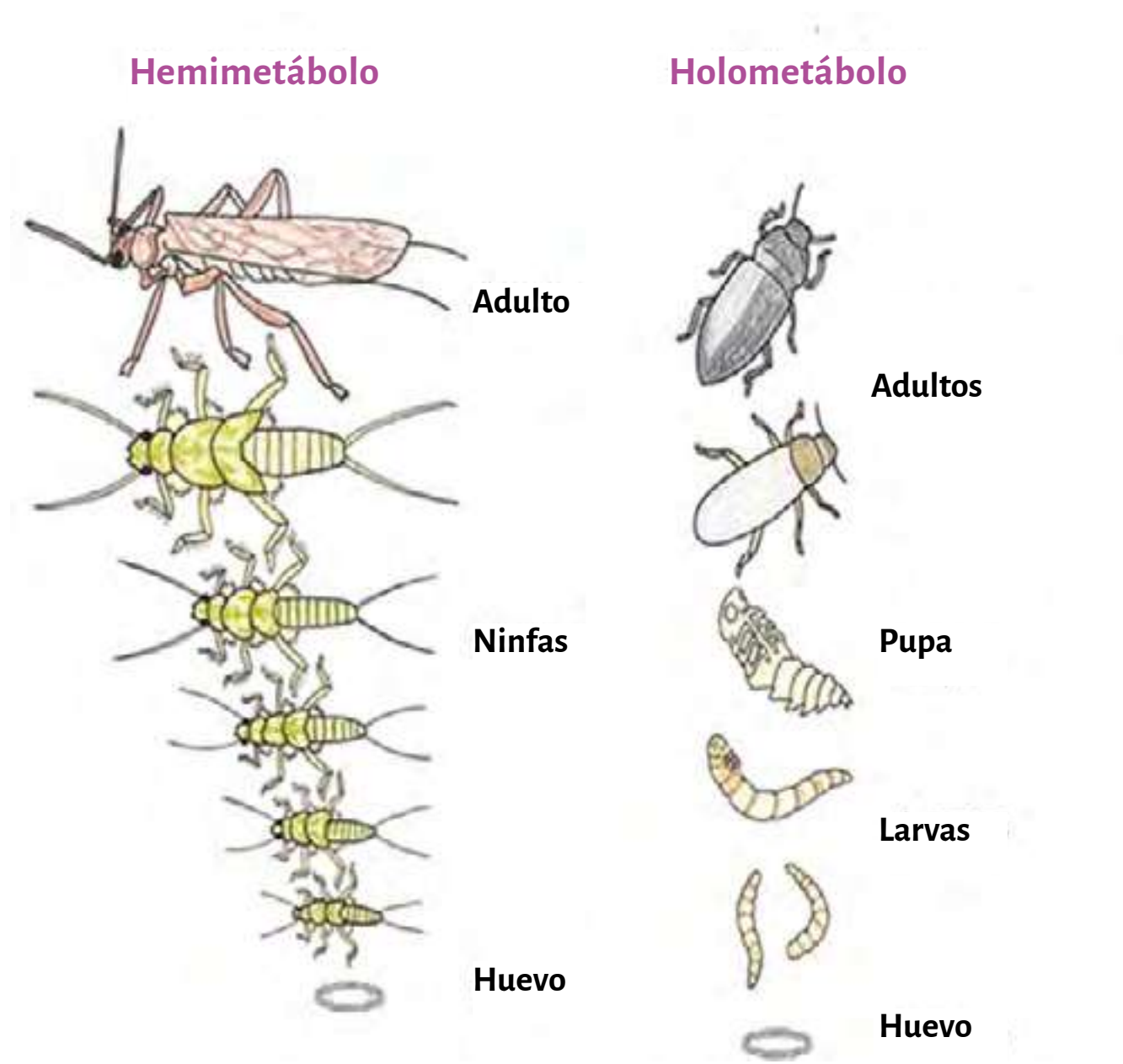


Figura 1. Comparativo de metamorfosis hemimetábola y holometábola. Dibujo de Javier Payro Peña (modificado de Villar-Argaiz *et al.*, 2021).

Antes de transformarse en adultos, las larvas buscan un lugar protegido, ya sea bajo tierra, entre las ramas de los árboles o en materia orgánica en descomposición. Lo anterior favorece la construcción de una pupa en silencio y resguardo, donde ocurrirá la metamorfosis. Aunque existen variaciones estructurales que dependen de la especie, ¡en las pupas, el insecto se reinventa por completo! Las *pupas exaratas* son comunes en los escarabajos y, de manera general, se caracterizan porque tienen apéndices libres —o separadas— del cuerpo, y se observan en ellas estructuras adultas como patas y antenas; lo cual les permite cierta capacidad de movimiento (Figura 2).

Las *obtectas* son típicas de las mariposas y polillas, las cuales tienen sus cuerpos firmemente encapsulados, de hecho, sus extremidades están pegadas al cuerpo, son visibles las alas, y son protegidas por un capullo, por lo que su capacidad de movimiento se ve limitada (Figura 2). Los capullos o envoltura externa pueden ser de seda, restos vegetales u otros materiales.

Finalmente, las más discretas son las *coarctatas* que encierran a las larvas dentro del último exoesqueleto larval endurecido llamado *pupario*, como en el caso de las moscas donde la larva se contrae y forma una cápsula rígida que oculta completamente los cambios internos (Figura 2).

¡Cada una de estas formas es una solución evolutiva para proteger al insecto en su momento más vulnerable!

Dentro de las pupas se despliega un verdadero laboratorio biológico en ebullición. Allí, las reservas energéticas acumuladas durante la fase larval alimentan al metabolismo interno que no se detiene. Hormonas clave como la ecdisona y la hormona juvenil orquestan esta metamorfosis, activando procesos como la *apoptosis*, que interviene en la degradación de tejidos larvales como músculos, órganos digestivos y partes del sistema nervioso para dar paso a nuevas estructuras.

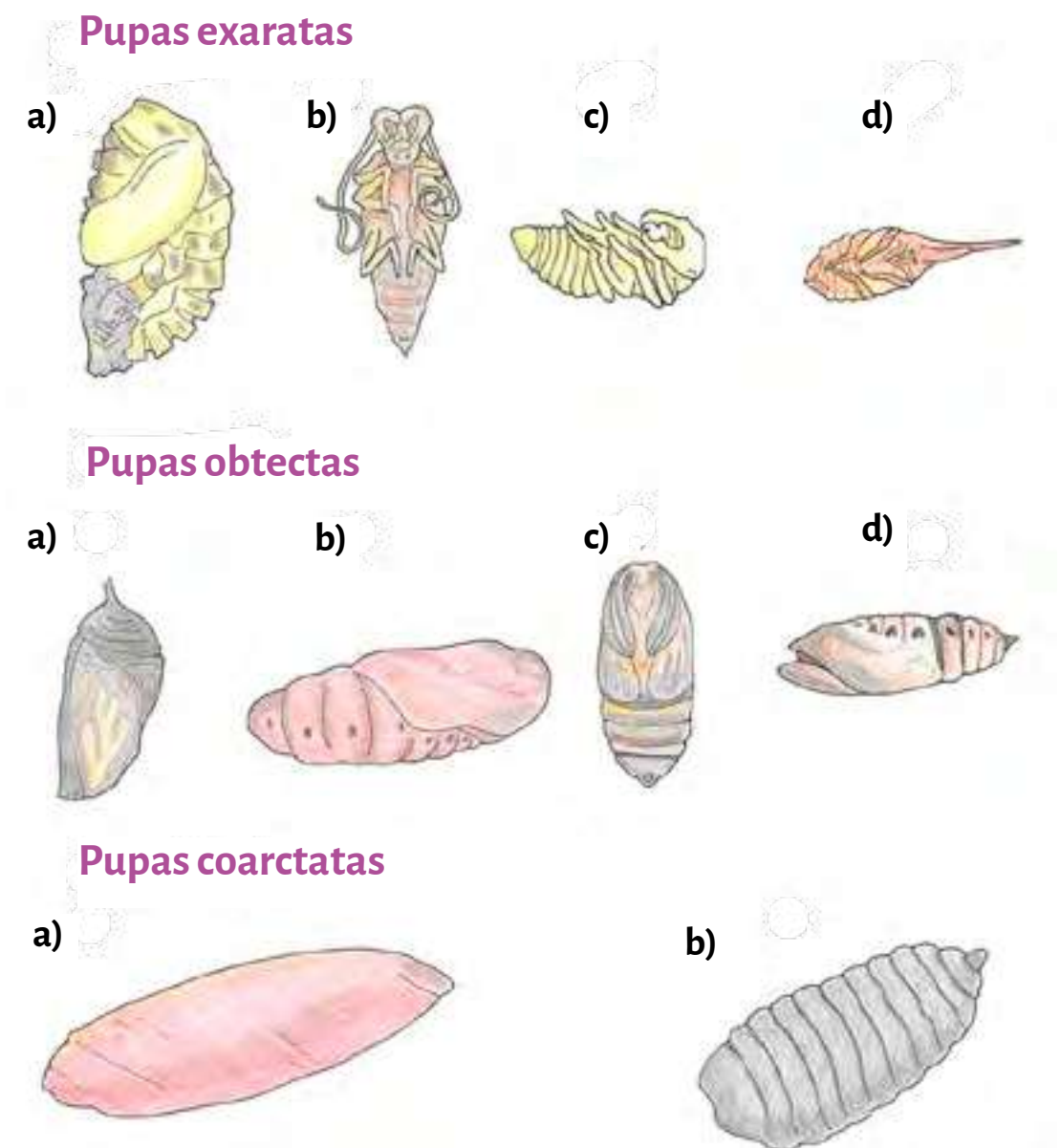


Figura 2. Diferentes pupas de insectos, pupas exaratas: a) *Harmonia axyridis*, b) *Batocera rufomaculata*, c) *Lucanus cervus* y d) *Dynastes hercules*. Pupas obtectas: a) *Danaus plexippus*, b) *Spodoptera ornithogalli*, c) *Hyalophora cecropia* y d) *Hyles euphorbiae*. Pupas coarctatas: a) *Musca domestica* y b) *Hermetia illucens*. Dibujo de Javier Payro Peña.

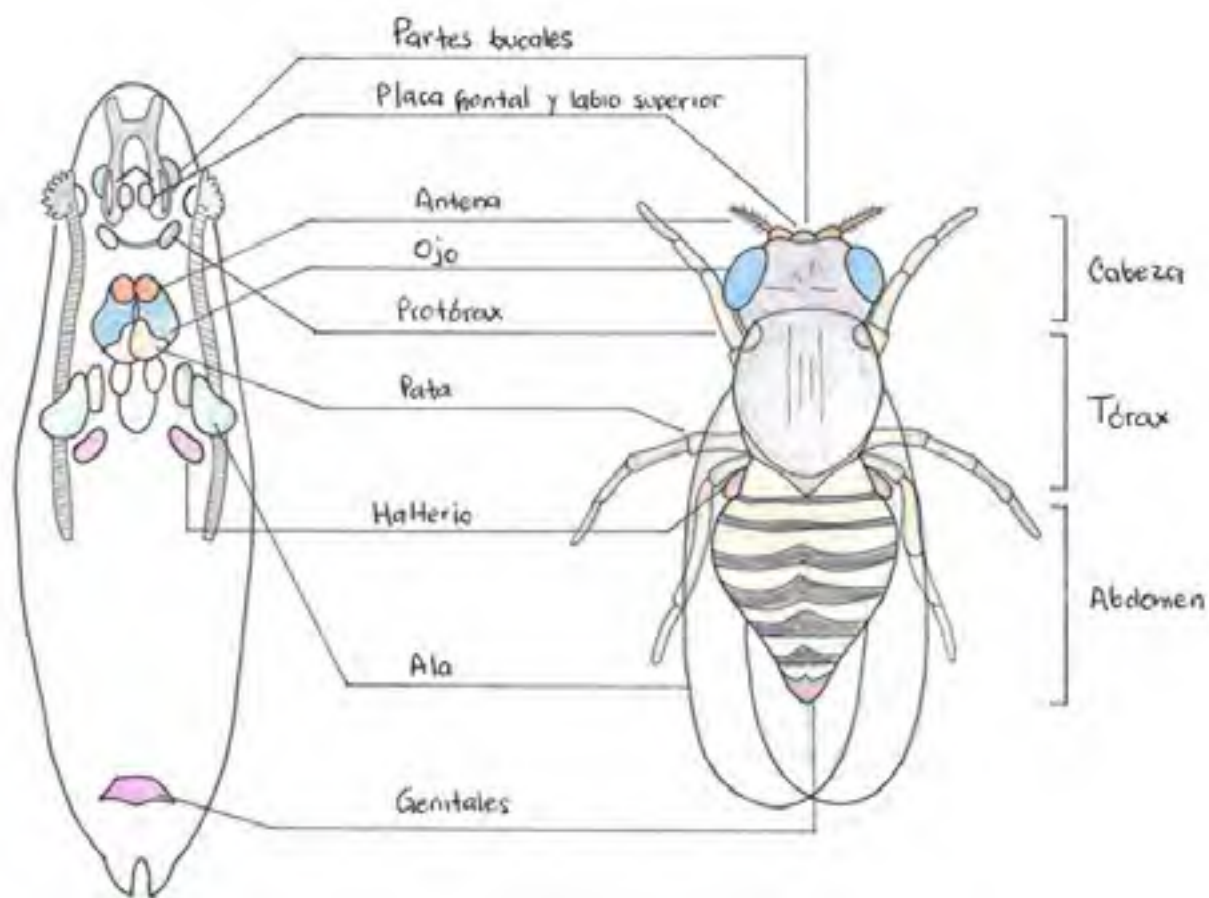


Figura 3. Discos imaginales que dan lugar a estructuras del adulto en *Drosophila melanogaster*. Dibujo de Javier Payro Peña (modificado de Aldaz & Escudero, 2010).

Aprendizaje desde el interior

Al mismo tiempo, entran en acción los discos imaginales, que son grupos celulares que, aunque ya estaban presentes en la larva, despiertan en esta etapa como arquitectos del cuerpo adulto (Figura 3). Cada disco tiene instrucciones genéticas específicas para dar lugar a las alas, patas, antenas, gónadas y otras partes de los insectos (Figura 3).

Así, en un delicado equilibrio de destrucción y reconstrucción, la pupa se convierte en el escenario de la metamorfosis.

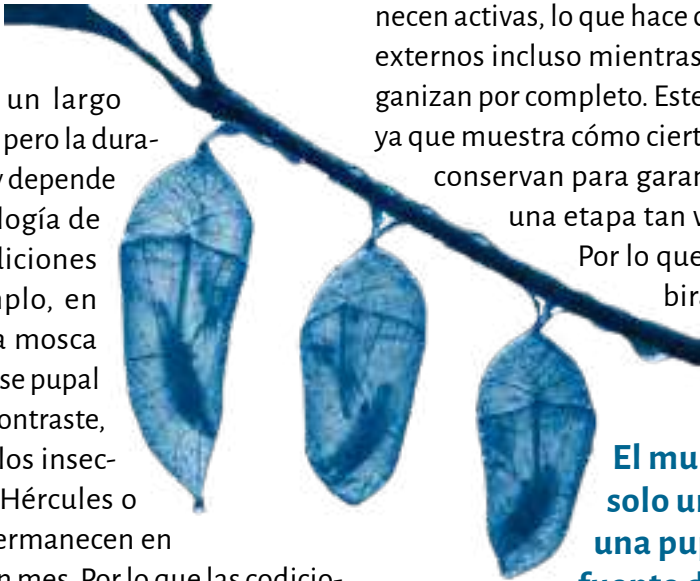
Parece que todos esos cambios requieren de un largo tiempo para concretarse, pero la duración varía entre especies y depende de factores como la biología de cada insecto y las condiciones ambientales. Por ejemplo, en temperaturas cálidas, la mosca doméstica completa su fase pupal en tan solo 3 a 6 días. En contraste, gigantes del mundo de los insectos como el escarabajo Hércules o el escarabajo elefante permanecen en estado de pupa más de un mes. Por lo que las condiciones del entorno también juegan un papel relevante para las pupas.

A pesar de todas las transformaciones que se llevan a cabo en el interior de las pupas, se conserva su capacidad para reaccionar ante el ambiente y así aumentar sus probabilidades de sobrevivir. Detectar señales del entorno y emitir una respuesta coordinada no es trivial, especialmente al considerar que el sistema nervioso en esta etapa sufre una transformación significativa. Y esto es posible porque no todos los tejidos nerviosos se degradan al mismo tiempo.

En las pupas, algunas conexiones neuronales permanecen activas, lo que hace que respondan a estímulos externos incluso mientras otras estructuras se reorganizan por completo. Este fenómeno es interesante, ya que muestra cómo ciertos mecanismos básicos se conservan para garantizar la supervivencia en una etapa tan vulnerable del desarrollo.

Por lo que a continuación se describirán algunas de las señales que pueden ser detectadas en estado de pupa.

El mundo exterior no es solo una amenaza, para una pupa es también una fuente de información que tiene que integrar.



Por lo que detectar las señales del entorno es esencial para sobrevivir y emerger en el momento justo. Entre los factores clave que monitorea, dos destacan por su influencia directa en el desarrollo: la temperatura y la luz. La temperatura en las pupas actúa como un termostato natural así que cuando el ambiente es cálido, la metamorfosis se acelera; si es frío, se hace lenta. Las pupas detectan cambios térmicos y adaptan su metabolismo en consecuencia, y así es cómo regulan activamente el ritmo de su transformación. En el caso de la luz, las pupas cuentan con fotorreceptores cutáneos que les permiten captar información lumínica: intensidad, duración de la fuente de luz y longitudes de onda. Gracias a esto, pueden sincronizar sus ritmos internos con los ciclos de luz y oscuridad, algo fundamental para la emergencia de los adultos. Ya que la salida de un adulto en un día frío o en una estación poco favorable significa la muerte.

La longitud de onda de la luz también es un factor relevante, ya que ciertos rangos del espectro inciden en la fisiología de las pupas. En moscas y escarabajos, por ejemplo, la exposición a luz azul resulta letal, posiblemente porque interfiere con procesos metabólicos esenciales durante esta etapa. Curiosamente, el efecto de la luz en las pupas se detecta por el impacto que tiene en su biología, y porque también influye en su comportamiento, pues tienden a moverse en respuesta a la presencia de ciertas longitudes lumínicas. Lo que sugiere que los receptores cutáneos de las pupas las detectan, sino que desencadenan respuestas activas como el movimiento.

¡Todo lo anterior indica que la pupa está en constante diálogo con el entorno!

Dentro de las capacidades de las pupas para protegerse, destaca la detección del movimiento. La estimulación mecánica activa receptores especializados en la superficie de la pupa. Esta sensibilidad le permite detectar movimientos en el entorno, una señal que significa que algo se aproxima, tal vez un depredador. Reconocer esa amenaza a tiempo marca la diferencia entre completar la metamorfosis o convertirse en alimento.

En pupas de escarabajos como las *Zophobas* se ha reportado que, al ser estimuladas, ejecutan una secuencia de movimientos reflejos que incluyen giros abdominales, flexiones laterales, vibraciones rápidas y ondulaciones complejas.

Estos movimientos no son aleatorios ya que su duración, intensidad y combinación varían, lo que sugiere un alto grado de sensibilidad y flexibilidad ante distintas amenazas. Por lo que, si bien las pupas no pueden escapar corriendo, estas respuestas son efectivas para confundir al atacante o dificultar su agarre, dándole a la pupa una mejor oportunidad de sobrevivir. Lo mencionado previamente resalta que las pupas reconocen señales visuales, táctiles e incluso térmicas; sin embargo, aún falta estudiar sus respuestas ante estímulos químicos o sonoros.

Su capacidad sensorial es solo una parte, también resulta interesante saber qué pasa con la integración de la información en su sistema nervioso. Incluso vale la pena preguntar ¿pueden aprender o recordar?

La posibilidad de que una pupa aprenda y recuerde un estímulo previamente experimentado no solo es intrigante, sino que representaría una verdadera ventaja para el organismo.



Existen hallazgos que señalan que en esta etapa hay indicios de actividad cognitiva. Por ejemplo, Bernal Gamboa *et al.* (2021) observaron que las pupas del escarabajo de la harina respondían inicialmente con contracciones abdominales ante estímulos como luz o vibración, pero que esta respuesta disminuía con la repetición, un fenómeno conocido como habituación (por ejemplo, los estímulos eran conocidos para la pupa). Los autores también reportaron que, tras un periodo de reposo o un cambio en el tipo de estímulo, las pupas recuperaban su respuesta, descartando que la disminución se debiera a fatiga o adaptación sensorial.

Dichos resultados indican que las pupas durante la habituación no dejan de responder por agotamiento o daño, sino porque han aprendido que pueden ignorar los estímulos debido a que no son peligrosos. Estos resultados evidencian que, incluso en esta etapa.

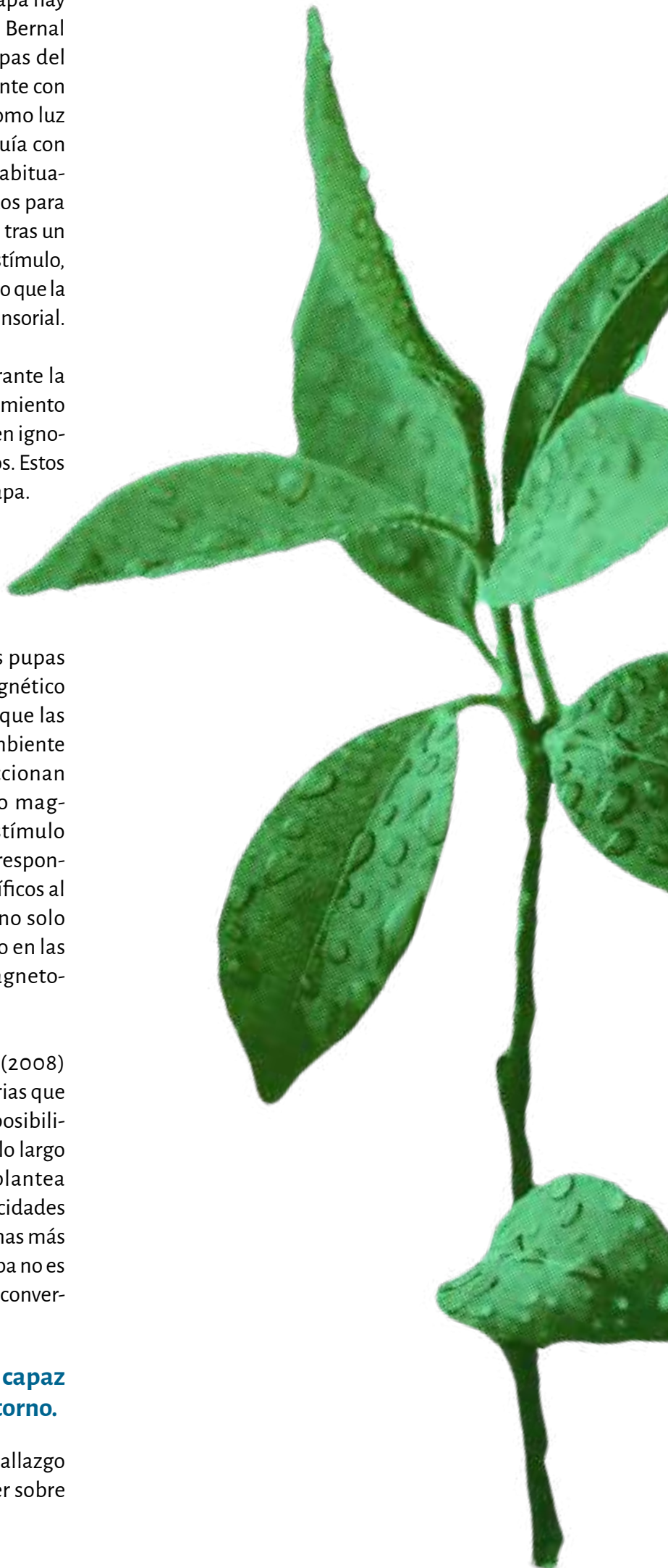
¡Las pupas tienen mecanismos básicos de aprendizaje!

Pero eso no es todo. En la misma especie de insecto, Vácha (2007) reportó que las pupas aprenden a asociar cambios en el campo magnético con estímulos negativos, lo que demuestra que las pupas son capaces de asociar eventos en el ambiente (aprendizaje asociativo). Aunque no reaccionan espontáneamente a la rotación del campo magnético, tras ser entrenadas mediante un estímulo térmico asociado a dicho cambio, las pupas respondieron con movimientos abdominales específicos al campo magnético por sí solo. Este hallazgo no solo revela la existencia de aprendizaje asociativo en las pupas, sino que también sugiere que la magnetorrecepción está presente.

En cuanto a la memoria, Blackiston *et al.* (2008) reportaron que en mariposas ¡existen memorias que sobreviven a la metamorfosis!, lo cual abre posibilidades sobre la continuidad del aprendizaje a lo largo de etapas del desarrollo de los insectos y plantea nuevas oportunidades para estudiar las capacidades cognitivas de las pupas. Aunque aún hay muchas más preguntas que respuestas, está claro que la pupa no es simplemente una etapa de espera pasiva para convertirse en adulto.

Es el estadio de un organismo activo, capaz de percibir, integrar y responder al entorno.

Un terreno fértil para la ciencia, donde cada hallazgo nos obliga a replantear lo que creíamos saber sobre esta asombrosa etapa del desarrollo.





Desde una perspectiva ecológica, la fase pupal es una jugada maestra de la evolución. Durante esta etapa, los insectos logran algo fundamental, separar funciones vitales que de otro modo entrarían en conflicto. Por lo que antes de pupar, las larvas, se dedican a alimentarse y almacenar energía. Luego, la fase de pupa permite la transformación interna que da paso a los adultos, los cuales tienen la capacidad de dispersarse, reproducirse y colonizar nuevos territorios. Esta división de tareas reduce la competencia por los recursos entre miembros de la misma especie. Al ocupar nichos ecológicos distintos, larvas y adultos no se disputan los mismos recursos. Este reparto de funciones permite la innovación evolutiva. Como las mutaciones que impactan una etapa no interfieren directamente a las demás, la selección natural tiene un margen de acción más amplio.

Gracias a esto, los insectos holometábolos han desarrollado diferentes tipos de adaptaciones especializadas como, por ejemplo, alas aerodinámicas, piezas bucales transformadas en tubos o ganchos, ojos compuestos,

antenas hipersensibles e incluso mecanismos de camuflaje. Y sí, las pupas también saben esconderse. Algunas crisálidas imitan hojas secas, ramas o incluso excremento de aves. El escarabajo tigre, por ejemplo, construye un capullo subterráneo usando partículas del suelo, que imita a la perfección el entorno. Así, pasa inadvertido ante los ojos de aves hambrientas. Pero su estrategia no termina en el camuflaje, no solo saben esconderse, ¡las pupas también engañan! Kojima *et al.* (2012) mostraron que las pupas del escarabajo *Trypoxylus dichotomus* tienen un as bajo la manga: emiten vibraciones que engañan a las larvas cercanas, obligándolas a quedarse quietas. Así evitan ser aplastadas en su frágil refugio. Este truco aprovecha un reflejo defensivo ancestral y revela cómo, incluso en estado inmóvil, las pupas son capaces de manipular a otros con señales vibratorias.

Por lo que, las pupas lejos de ser un simple puente entre larva y adulto son un trampolín evolutivo que ha llevado a estos organismos a conquistar casi todos los rincones del planeta.

Conclusiones

El mundo de los insectos, incluso el aparente silencio de las pupas, esconde maravillas. La fase pupal, tan inmóvil en apariencia, es en realidad un caldero de transformación biológica y sofisticación sensorial. Es importante estudiar cómo perciben el mundo durante esta etapa ya que nos abre una ventana a los mecanismos que sustentan la metamorfosis, uno de los logros evolutivos más asombrosos.

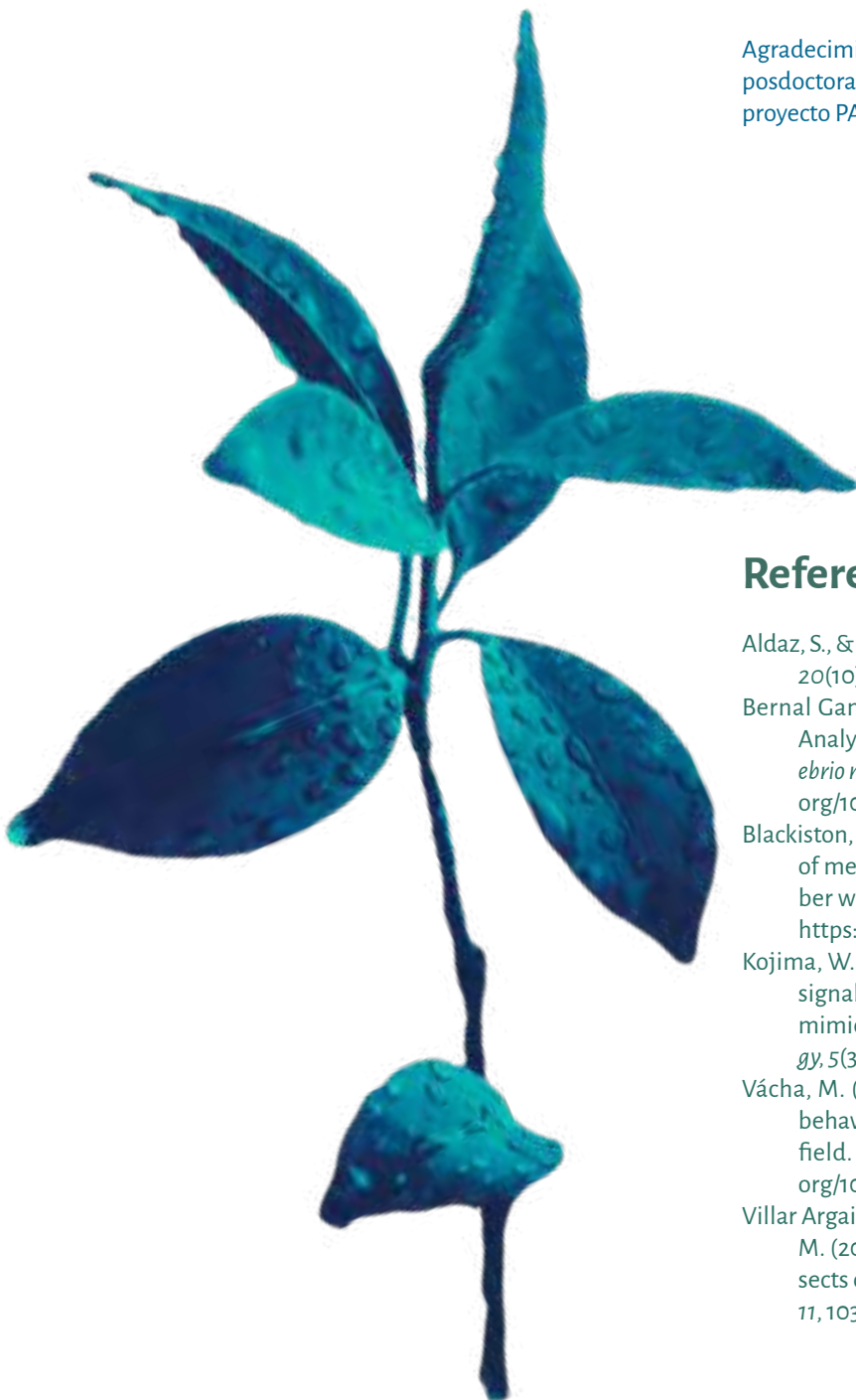
Cada nuevo hallazgo nos recuerda que, incluso en la aparente quietud, los cuerpos cambian, los estímulos son percibidos, la lucha por sobrevivir continúa y la preparación para emerger nunca se detiene.

Por ello, se invita a todos los interesados a desarrollar investigaciones que permitan comprender lo que ocurre en una pupa, tanto para apreciar la complejidad de los insectos, como para ampliar nuestra visión sobre cómo la vida se reinventa a cada instante, incluso en los cuerpos más pequeños del planeta.

Agradecimientos: Por el apoyo recibido a través de la beca posdoctoral Elisa Acuña y a la UNAM/DGAPA a través del proyecto PAPIIT IN305824.

Referencias

- Aldaz, S., & Escudero, L. M. (2010). Imaginal discs. *Current Biology*, 20(10), R429-R431.
- Bernal Gamboa, R., García Salazar, J. & Cámez, A. M. (2021). Analysis of habituation learning in mealworm pupae (*Tenebrio molitor*). *Frontiers in Psychology*, 12, 745866. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.745866>
- Blackiston, D. J., Silva Casey, E. & Weiss, M. R. (2008). Retention of memory through metamorphosis: Can a moth remember what it learned as a caterpillar? *PLoS ONE*, 3(3), e1736. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001736>
- Kojima, W., Ishikawa, Y. & Takanashi, T. (2012). Pupal vibratory signals of a group-living beetle that deter larvae: Are they mimics of predator cues? *Communicative & Integrative Biology*, 5(3), 262-264. <https://doi.org/10.4161/cib.19886>
- Vácha, M. (2007). *Tenebrio* beetle pupae show a conditioned behavioural response to pulse rotations of a geomagnetic field. *Physiological Entomology*, 32(4), 363-369. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2007.00583.x>
- Villar Argai, M., López Rodríguez, M. J. & Tierno de Figueroa, J. M. (2021). Divergent nucleic acid allocation in juvenile insects of different metamorphosis modes. *Scientific Reports*, 11, 10313. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89736-w>



Larvas al menú:



enemigos ocultos o
aliados inesperados

Sofía Reyna Fernández,
Oscar García Barradas y
Maribel Jiménez Fernández

Los insectos, alimento histórico

Después de la descripción de algunas mariposas, el fraile franciscano Bernardino de Sahagún dedica tres páginas a diversas especies de chapulines comestibles en el Libro XI de la *Historia general de las cosas de la Nueva España*, mejor conocido como Códice Florentino, donde escribe:



Hay muchas maneras de langostas (chapulines o grillos) en esta tierra. Son como las de España. Unas dellas se llaman acachapoli. Éstas son grandecillas. Dícese acachapoli, que quiere decir “langostas como saeta”, porque cuando voelan van recias y rugen como una saeta. Suélenlas comer. Hay otras que se llaman yectli chapoli. Son medianas y son coloradas. En el tiempo de coger los maizales andan. Son de comer. Hay otras langostas que llaman xopanchapoli, que quiere decir “langostas de verano”. Son grandes y gruesas. No voelan, sino andan por tierra. Comen mucho los frisoles. Unas dellas son prietas; otras, pardillas; otras, verdes. Suélenlas comer. (Sahagún, 2001)

Posteriormente menciona más especies de chapulines comestibles, pero también otros insectos, manjares de la tradición culinaria de la ciudad de México y alrededores. En total, sumaban 96 especies que, seguramente, representaban solo un pequeño porcentaje de esta clase de animales que se consumían en los primeros años del periodo colonial y en épocas prehispánicas en lo que actualmente es México.

Esta monumental obra bilingüe, náhuatl-español, escrita durante varios lustros y publicada en 1576, hermosamente ilustrada con dibujos de tlacuilos indígenas —escribas, pintores y cronistas del mundo prehispánico—, recopila conocimiento sobre la cultura, historia y costumbres del pueblo mexica, es decir, del centro del país. La riqueza en el consumo de insectos iba mucho más allá de los mencionados, como lo podemos deducir por las 549 especies contabilizadas que actualmente son parte de la dieta de algunos mexicanos, herencia de aquellos siglos. Esta cantidad, que representa una tercera parte de las especies de insectos consumidos en el mundo, coloca a nuestro país como uno de los más importantes centros consumidores de especies de la clase *Insecta*, junto con algunos países de África y Asia, como la República Democrática del Congo y Tailandia.



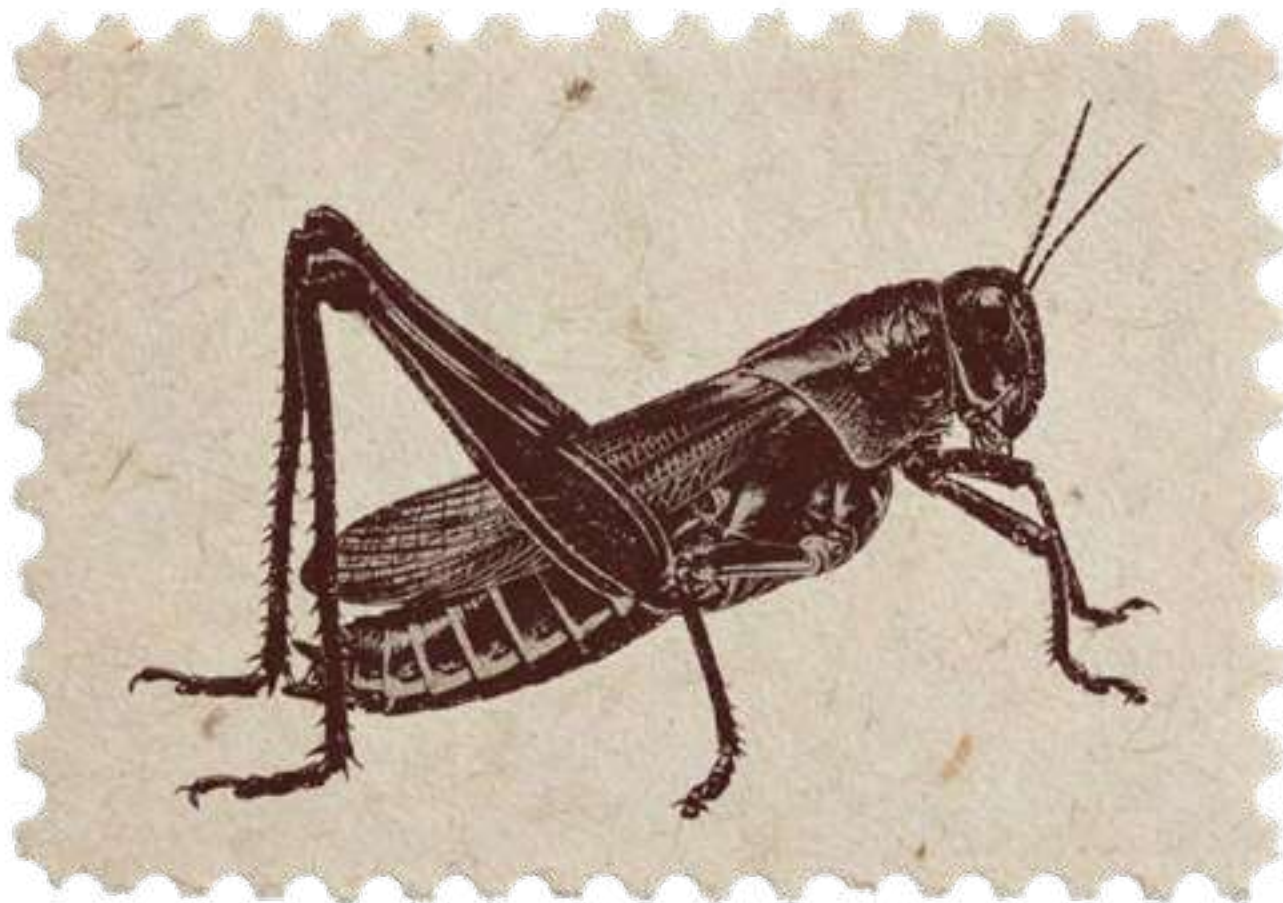
El consumo de insectos en los pueblos prehispánicos probablemente se originó gracias a la facilidad con la que era posible obtener este alimento.

Podemos imaginar cómo, a prueba y error —al igual que con los frutos y plantas—, se fueron descubriendo las especies que no provocaban reacciones adversas en el organismo y cuyo sabor era agradable, primero, como alimento crudo o bajo algún proceso, como la cocción o el asado.

Sin embargo, a pesar de la rica tradición histórica por el consumo de insectos en el país, actualmente existe una ambivalencia de la población ante un platillo con escamoles, chicatanas, gusanos de maguey, chinicuilles, chapulines, jumiles, xamues o cualquiera de los cientos de especies más. La razón, sin lugar a duda, es cultural, donde tuvo mucho que ver el mestizaje entre españoles y americanos.

Quizá sea hora de replantear nuestra postura frente a los insectos y retomar parte de la tradición histórica con ellos en nuestros platos de comida debido a distintos factores: su conocida riqueza nutritiva y como control de plagas, principalmente. Su aprovechamiento contribuye al control natural de sus poblaciones, reduciendo el uso de pesticidas, y al mismo tiempo favorece la sostenibilidad alimentaria al proporcionar proteínas, grasas y micronutrientes de alto valor nutricional. Así, el consumo responsable de insectos plaga representa una estrategia doblemente beneficiosa:

ayuda a disminuir su impacto agrícola y fortalece la diversificación de las fuentes alimentarias.



La riqueza proteica de los insectos

Los insectos comestibles son odiados o amados por la población actual de México, sin medias tintas; odiados por su apariencia, aparente textura y su posible sabor desagradable, sobre todo. Amados porque, quienes ya los probaron saben que se tratan de un manjar. Pero más allá del aspecto cultural por su aceptación o rechazo, el consumo de insectos proporciona un extraordinario aporte nutritivo debido a su contenido de proteínas, vitaminas, minerales y fibra, esta última por la presencia de quitina (Bawa *et al.*, 2020); sin saberlo a detalle, esta fue una de las características por lo que las culturas precolombinas los consumían.

Si bien se resalta continuamente el alto contenido proteico de los insectos—incluso superior al de las fuentes vegetales y a la carne vacuna y porcina—, se ha explorado poco sobre el verdadero potencial de estas proteínas. Esta superioridad no solo se relaciona con la cantidad de proteína presente, sino también con su calidad nutricional. Los insectos, son considerados un recurso que puede incluirse en la dieta común de los consumidores como un ingrediente funcional de bajo impacto ambiental (Fraile, 2012). Muchas especies de insectos presentan perfiles de aminoácidos esenciales más completos, con nutrientes que suelen ser limitantes en proteínas vegetales (Whitford, 2005).

Además, su digestibilidad es comparable o incluso mayor que la de algunas carnes tradicionales, lo que favorece mayor aprovechamiento de los componentes en el cuerpo, como las estructuras de las uñas, el cabello y la piel, entre otras. El contenido de proteínas de un insecto está relacionado con su sistema muscular y su metabolismo, aunque varía dependiendo de la especie a la que pertenece, a su estadio, ya sea huevo, larva, pupa y adulto.

Los músculos de la mayoría de los insectos se encuentran en todo el cuerpo, lo que ayuda, entre otras funciones, a su sistema digestivo, circulatorio, nervioso, glandular, reproductivo, motriz y del cuerpo graso, lo cual está estrechamente relacionado con su comportamiento y ecología.

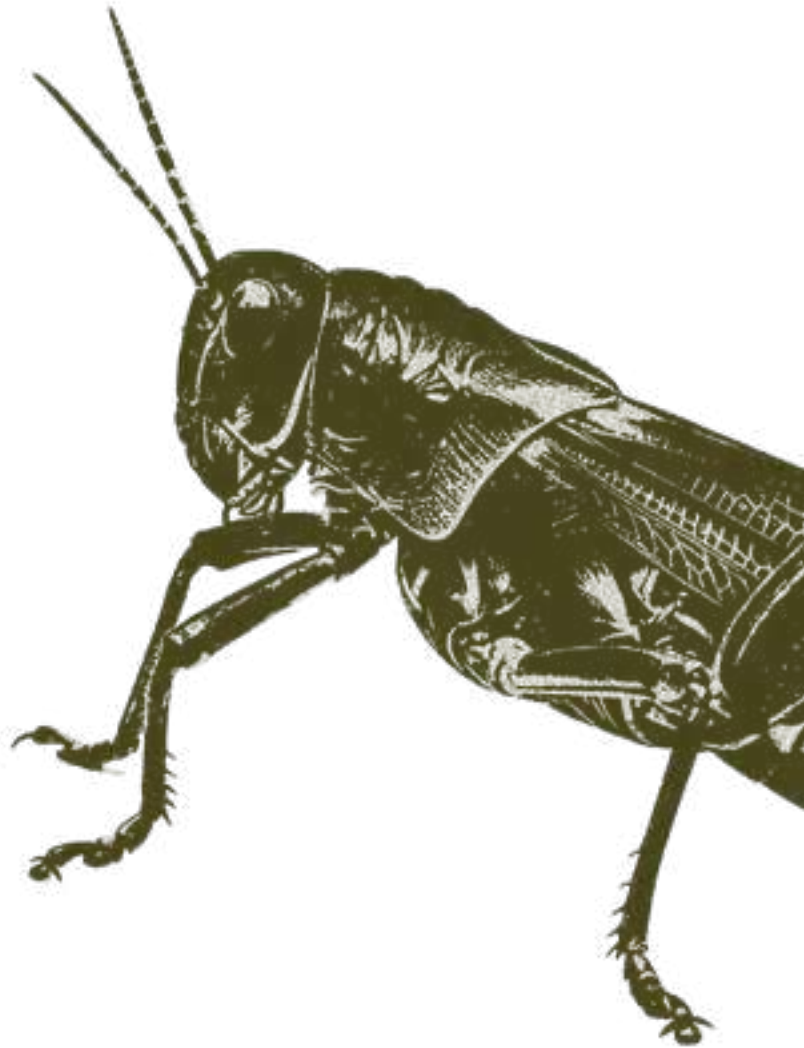
Como resultado, las proteínas de los insectos varían tanto en su origen como en su estructura, así como en la distribución de su peso molecular entre especies.



Existen varias proteínas musculares como la actina, que es una de las más abundantes en el músculo de los insectos y, junto con la miosina, participa en la contracción muscular y en la estructura del citoesqueleto y el exoesqueleto.

Si pudiéramos hacer una analogía, lo anterior es muy similar a lo que sucede con una casa, el citoesqueleto sería las vigas que sostienen la estructura de la casa y el exoesqueleto, la fachada, lo que se ve por fuera, es decir, la armadura, está compuesta de quitina y proteínas cuticulares. Estas últimas representan más del 1% de la proteína total de los insectos. Algunas clases de proteínas cuticulares de insectos tienen diversas funciones como pigmentos, enzimas, proteínas de defensa y estructurales.

Sin embargo, conviene actuar con precaución. La quitina presente en el exoesqueleto de los insectos, al interactuar con ciertas proteínas, puede desencadenar reacciones alérgicas en personas sensibles a los mariscos, con manifestaciones que pueden variar desde una ligera urticaria hasta episodios de anafilaxia. Ahora, reconocer estos riesgos no significa restarles valor, sino comprenderlos con profundidad. Porque, justo en esa complejidad bioquímica que puede representar un desafío para algunos, reside también una de sus mayores virtudes: la riqueza en la variedad de las proteínas que poseen los insectos los hace únicos para la alimentación del ser humano (Romero, 2025).



Un granjeo sustentable y sostenible

En la actualidad, los insectos comestibles se cultivan controladamente —granjeo— para su producción a gran escala y su aprovechamiento en la industria alimentaria. En espacios pequeños, como la cuarta parte de un metro cuadrado, se inicia la crianza de varios cientos de ejemplares, como chapulines de la milpa (*Sphenarium purpurascens*), los más consumidos, lo que se convertirá en tres kilogramos de materia fresca con pocos recursos. De acuerdo con la Food and Agriculture Organization (FAO) el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero que el 18% de dióxido de carbono (CO₂) producido por el sector de transporte, así la ganadería utiliza el 30% de la superficie terrestre.

En los próximos años, la demanda de nuevos productos será más grande, puesto que, se buscan alimentos menos dañinos y menormente procesados. Bajo ciertas condiciones de humedad, la maduración los insectos comestibles puede acelerarse, la reproducción es relativamente rápida bajo las condiciones mencionadas pues se presenta alrededor de los tres meses, dependiendo de la especie y estadio a la que se desee llegar. Un caso particular es el de ciertas larvas en las que se debe evitar su eclosión para ser consumidas como tales y no como escarabajos o mariposas.





Larvas comestibles

Las larvas son una de las primeras etapas de desarrollo de muchos animales, sobre todo de los insectos. Se trata de organismos inmaduros que todavía no tienen la forma ni las funciones del adulto. En algunos casos, viven en un ambiente distinto al del adulto y suelen tener hábitos de alimentación diferentes. Por ejemplo, pensemos en larva de mariposa que come hojas, mientras que la mariposa adulta se alimenta de néctar. Muchas veces, los insectos presentan estructuras que desaparecen en la metamorfosis, como branquias, patas extras o mandíbulas muy desarrolladas.

Películas animadas como *El rey león* y *Las locuras del emperador* contienen escenas de larvas como alimento.

De la primera, un clásico de los dibujos animados es conocida la frase “viscosos pero sabrosos”, donde una suricata saborea una larva ante la mirada atónita de Pumba, el jabalí. En la segunda película se enfatiza la interacción de un humano y una llama quienes degustan una jugosa larva gigante, parecida a una cochinilla (*Dactylopius coccus*).

Entre las larvas comestibles más estudiadas en México se encuentra la *Tenebrio molitor* o gusano de la harina y las *Zophobas morio* o gusano rey, una larva parecida a la anterior, de mayor tamaño y con menor contenido proteico que la larva del gusano de la harina, pero con mayor contenido de lípidos. Además, se consumen larvas de abeja (*Apis mellifera*), larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*), larva del gusano de seda (*Bomby mori*) y gusano de sagú (*Rhynchophorus ferrugineus*) entre otras.

Las larvas suelen consumirse crudas, fritas o hervidas; sin embargo, también pueden procesarse como pastas y polvos para sortear la posible repulsión de algunas personas al aspecto de los insectos (Feng *et al.*, 2016).

Cabe resaltar que la larva de maguey, que puede ser blanca (*Aegiale hesperiaris*) o roja (*Comadia redtenbacheri*) dependiendo la especie del maguey, se considera una delicia en el menú de ciertas poblaciones y restaurantes del país; se trata de la misma larva que suelen tener diferentes marcas de mezcal.

Muchas larvas comestibles, como los gusanos de maguey —larvas de mariposas *Hipoptya agavis* o *Aegiale hesperiaris*— y escamoles —larvas y pupas de hormiga *Liometopum*—, ambas mencionadas en el Códice Florentino, degradan por completo la materia orgánica de manera particular en su estadio larvario, pues es parte de su alimento, convirtiéndola en abono. Esto representa un beneficio extra, ya que el desperdicio de verdulerías o comercios se utiliza como alimento de estas especies.





Potencial de las proteínas

En el estado de Veracruz existen dos especies de larvas poco conocidas y aprovechadas: la cuetla (*Arsenura armida*), una larva endémica que aparece en los meses de junio a agosto, y la gallina ciega (*Phyllophaga* spp). Ambas especies están clasificadas como plagas, lo que ha incrementado las acciones para su control e incluso su erradicación. No obstante, esta percepción podría cambiar, ya que estas larvas poseen un alto potencial para ser aprovechadas en el sector alimentario debido a su perfil nutricional y funcional, abriendo nuevas posibilidades en el desarrollo de productos innovadores y sostenibles.

Diversos estudios en ingeniería agroindustrial y agro-nómica coinciden en que el control total de estas plagas es prácticamente imposible. No obstante, al integrarlas como recurso útil, se puede transformar su impacto negativo en un beneficio tangible. Esta perspectiva innovadora implica un cambio en la forma de percibir a estos organismos:

de ser considerados enemigos del campo, a convertirse en aliados en la búsqueda de soluciones sostenibles.

Existen pocos datos sobre las propiedades funcionales de las proteínas que afectan el comportamiento y características de los alimentos en los cuales se encuentran o son agregadas, y que contribuye a la calidad final del producto. Son las características que tienen las proteínas para interactuar con otros componentes de los alimentos como agua, aire y grasas lo que permite una versatilidad en su uso. Algunos ejemplos son la capacidad de retención de agua y aceite, capacidad emulsificante y espumante (Gould & Wolf, 2018; Urbina *et al.*, 2021).

Las aplicaciones prácticas que una proteína tiene dependen de esa funcionalidad en diversos tipos de productos y, a la vez, juega un papel importante en la aceptación por parte del consumidor. Entonces, las proteínas no solo nutren, también tienen funciones tecnológicas en los alimentos, algunas se pueden disolver en agua, otras ayudan a espesar, formar geles, espumas o a mezclar agua y aceite, gracias a estas propiedades es que se ha podido crear un yogur cremoso o mayonesa. Estas propiedades podrían ser útiles para aclarar el uso de polvos proteicos de larvas en diferentes productos como pan, pasta y productos lácteos (Trujillo *et al.*, 2024; Cortazar *et al.*, 2023).



La lucha más difícil: la neofobia

Además del desdén hacia algunas larvas por conformar una plaga que daña cultivos, lo que implica una búsqueda para eliminarlas, existe otro rechazo para su consumo: la neofobia alimentaria o miedo a probar alimentos nuevos o desconocidos.

La realidad es que a pesar de que ya se conoce el beneficio de consumir alimentos, sigue siendo un poco impredecible determinar si en algún punto un porcentaje considerable de la población aceptará por completo a los insectos como parte de su dieta, más allá de considerarlos un platillo exótico o una moda pasajera. Se trata, pues, de reconocer su verdadero potencial tecno-funcional, ya que además de su alto valor nutricional, permiten convertir un problema agrícola —su condición de plaga— en una oportunidad (Caparros *et al.*, 2016).

¿Qué estamos esperando?

En la actualidad, los insectos comestibles, parte de la historia culinaria de nuestro país, destacan por su aporte proteico, además de su contenido de vitaminas y minerales.

Son consumidos de forma versátil: crudos, asados, fritos o hervidos, solos o acompañados, como platillo central o secundario.

Incluso resultan ser una fuente de proteína sustentable y sostenible con el medio ambiente, pues requieren menos recursos de agua, espacio y no producen gases contaminantes, a diferencia del ganado convencional, ya que, para obtener un kilogramo de alimento de algunas variedades de insectos, como el chapulín, se requiere solo el 25 % de alimento, 5% de agua y el 10% de espacio en comparación con un kilogramo de carne vacuna (Fraile, 2012; Hanboonsong & Durst, 2020).

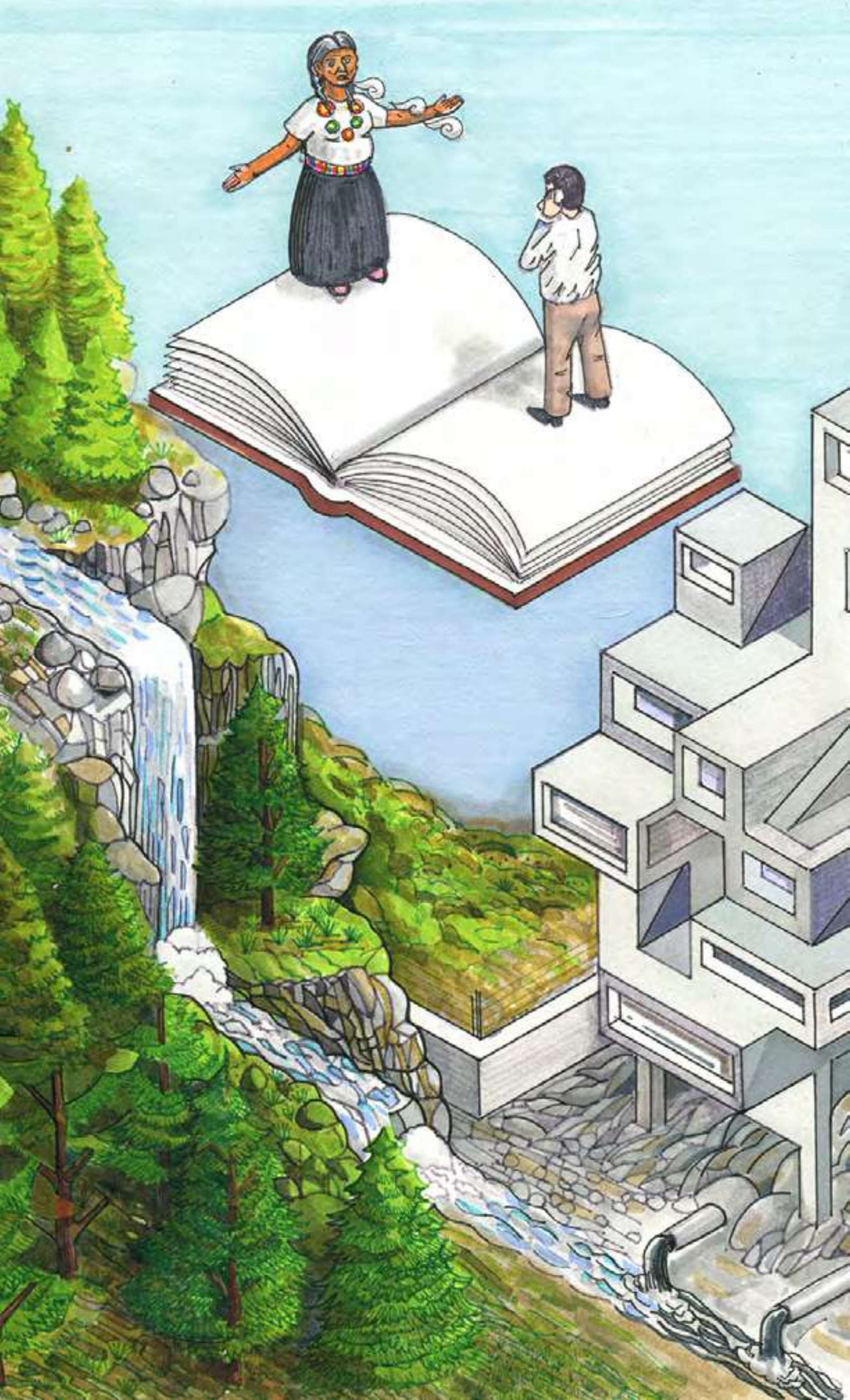
Todo indica que esta fuente proteica estará presente en los próximos años y no necesariamente como insecto, sino que lo verás en yogures, tortillas o pastas y que lejos de permanecer oculta como las larvas de algunos insectos bajo tierra, será una gran aliada en tu día a día. Nunca es tarde para comenzar.

¡Buen provecho!



Referencias

- Sahagún, B. (2001). *Códice Florentino: Historia general de las cosas de la Nueva España*. Editorial Libro Más Cultura; Editorial Aldus.
- Bawa, M., Songsermpong, S., Kaewtapee, C. & Chanput, W. (2020). Effects of microwave and hot air oven drying on the nutritional, microbiological load, and color parameters of the house crickets (*Acheta domestica*). Wiley. DOI: 10.1111/jfpp.14407.
- Caparros Megido, R., Gierts, C., Blecker, C., Brostaux, Y., Haubruge, É., Alabi, T. & Francis, F. (2016). Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference*, 52, 237-243.
- Cortázar Moya, S., Mejía Garibay, B., López Malo, A. & Morales Camacho, J. I. (2023). Nutritional composition and techno-functionality of non-defatted and defatted flour of edible insect *Arsenura armida*. *Food Research International*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113445>
- Feng, Y., Chen, X., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. (2016). *Edible insects in China*. Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry, 2, 1-58.
- Fraile, R. (2012). *Hamburguesa de mamut: Historia de la alimentación humana*. De la Torre.
- Gould, J. & Wolf, B. (2018). Interfacial and emulsifying properties of mealworm protein at the oil/water interface. *Food Hydrocolloids*, 77, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.018>
- Hanboonsong, Y. & Durst, P. (2020). *Guidance on Sustainable Cricket Farming. A Practical Manual*. FAO, Bangkok.
- Romero, A. d. C. (2025). Edible Insects and Allergy Risks: Implications for Children and the Elderly. *Allergies*, 5, 15. <https://doi.org/10.3390/allergies5020015>
- Trujillo Cayado, L. A., García Domínguez, I., Rodríguez Luna, A., Hurtado Fernández, E. & Santos, J. (2024). Cricket Protein as an Innovative Emulsifier for Avocado Oil: Formulation and Characterization of Sustainable Emulsions. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/app14041674>
- Urbina, P., Marin, C., Sanz, T., Rodrigo, D. & Martinez, A. (2021). Effect of hhp, enzymes and gelatin on physicochemical factors of gels made by using protein isolated from common cricket (*Acheta domestica*). *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040858>
- Whitford, D. (2005). *Proteins: Structure and Function*. Wiley.



In Tahtolpatalis

o la traducción de mundos

Gibránn Becerra Álvarez

La traducción siempre ha acompañado las relaciones humanas. Imaginemos un escenario donde dos grupos humanos migrantes, que, después de una larga jornada de camino, llegan a un manantial y se disponen a refrescarse. Sin embargo, resulta que estas personas hablan idiomas distintos. ¿Cómo ponerse de acuerdo en el acceso al agua? ¿quién debe tomar primero y quién después? y si, ¿el otro tiene una actitud hostil? ¿cómo construir relaciones cordiales si no pueden entenderse en el mismo idioma? Esa hipotética relación entre personas de lenguajes distintos requiere una mediación, una traducción de palabras, sentidos e intenciones, pero sobre todo, necesita de una interpretación que permita una comprensión mutua entre los usuarios de estos idiomas.

La traducción está en todos lados. En las leyes, en la política, en las etiquetas de comida, en los libros, en los teléfonos celulares, en las redes sociales y en nuestra vida cotidiana.

Sin traducción sería muy complicado usar, por ejemplo, equipos médicos, maquinaria industrial, *software* especializado o simplemente preparar alimentos que provienen de otras latitudes. Tal vez valdría la pena hacer la reflexión: ¿qué hace que esa información contenida en otros idiomas sea asequible y comprensible para nosotros?

Además de sus fines prácticos, la traducción nos permite conocer sociedades diferentes a la nuestra. Nos ayuda a explorar las historias de otros pueblos y, de manera excepcional, a sumergirnos en el mundo desde la mirada de otras culturas, tanto antiguas como contemporáneas. En los siguientes párrafos abordo los principales aspectos del proceso de traducción, a partir de la experiencia que he tenido realizando esta labor entre los idiomas náhuatl —mi lengua materna— y el español e inglés. Asimismo expongo algunas consideraciones sobre el sentido de traducir desde y hacia las lenguas originarias, así como la importancia, influencia, alcances y la finalidad de compartir y entretrejer saberes desde idiomas diversos.

El hilo común del náhuatl y el español en México

Quizá, el ámbito más conocido de la traducción es la literatura. Este también es el ámbito más complejo de la traducción porque implica, además de las palabras, la traducción de sentidos, metáforas, espacios y tiempos. Contextos contruidos en otros lenguajes que deben ser reinterpretados y reelaborados para ser expresados en nuestros idiomas. Gracias a este trabajo, de ser, como dice Maximiliano Sauza (2025) “los otros autores del mismo texto”, es que han llegado hasta nosotros narrativas, poesía, historias y universos enteros de la imaginación, que de otro modo, serían invisibles, indescifrables o incomprensibles a nuestro entendimiento cotidiano.



La literatura en náhuatl es reciente, pero el registro y la representación de este idioma tiene varios siglos.

Poesía, novelas, cuentos, ensayos literarios, textos académicos y otras expresiones escritas ganan terreno año con año entre los nahuaescritores y nahualectores. Sin embargo, los textos de la época novohispana y de los *amoxtlimeh* (códices antiguos), no se asemejan a ninguno de estos formatos canónicos de la literatura. Muchos documentos coloniales escritos en náhuatl tenían una finalidad religiosa, legal, cartográfica o documental; estos eran catecismos, ordenanzas, mapas, juicios, declaraciones, descripciones de bienes o registros de aspectos naturales y de la vida cotidiana de los pueblos. Por increíble que parezca, no hay certeza del origen prehispánico de ningún código realizado por comunidades de habla náhuatl, el idioma de los mexicas y de los tlaxcaltecas durante las guerras de conquista del siglo XVI.

En la tradición de los pueblos antiguos de Mesoamérica, la escritura y la lectura eran consideradas un arte de la memoria y de la interpretación. La lectura de los *amoxtli* o libros pintados más antiguos no era un acto silencioso o aislado, las personas que interpretaban estos documentos lo hacían frente a otras recurriendo a la memoria, la ritualidad y sus conocimientos profundos del mundo. El

verbo compuesto *mot-lahtolchichihwaliayah*, que alude a la acción habitual de “se hacía la palabra”, indica que un género de

oratoria y performatividad era inherente durante las sesiones compartidas donde se usaba un *amoxtli*. Este uso de los documentos es muy diferente de los textos occidentales donde la lectura suele ser individual, silenciosa, reflexiva y unidireccional.

Traducir el náhuatl de hace siglos es una labor compleja, debido a que esos documentos se basaban principalmente en la tradición y la memoria colectiva entretejida a la poesía, el canto, la danza y la ritualidad para magnificar sus contenidos e interpretaciones.

Tal vez les sorprenda, pero en México todos los días hablamos un poco de náhuatl. El español mexicano tiene cientos de palabras provenientes de los idiomas indígenas. Mencionaré algunas que fácilmente reconocerán en su español cotidiano: *elotl*, *tomatl*, *chil*, *awakatl*, *tzopilotl*, *coyotl*, *ayatl*, *tiankisko*, *tokayotl*, *achichinkeh*, *popotl*, *poxkawik*. El listado es enorme y ampliado con palabras procedentes de otras lenguas. Esto tiene diferentes causas, pero principalmente es consecuencia del entretejido lingüístico y cultural de las lenguas indígenas y el español durante los últimos cinco siglos.

El idioma castellano retomó las denominaciones y las definiciones de la gran variedad de elementos naturales, las descripciones y los conceptos sobre la vida cotidiana que tenían las sociedades nahuas del siglo XVI y del periodo colonial. Además, el náhuatl continuó siendo el idioma más hablado en la Nueva España y en el México independiente hasta fines del siglo XIX. El idioma español era una lengua minoritaria excluyente, principalmente cortesana, administrativa y eclesiástica. En cambio, la vida cotidiana en los mercados, los barrios de las ciudades, los pueblos y las haciendas, estaba enunciada en náhuatl. No debe sorprendernos que algunos de los primeros versos de Juana Inés de Asbaje, la gran poetisa del barroco novohispano, fueran escritos en náhuatl.

Un panorama de la traducción desde el náhuatl

Mi experiencia como nahuahablante traductor no es literaria. Mis intereses académicos están vinculados con la arqueología, la antropología, la historia y la memoria de los pueblos originarios, y en particular con las poblaciones nahuas del oriente de México. En relación con ello, he realizado traducciones entre el náhuatl y el español de conversaciones, entrevistas, documentales cinematográficos, películas animadas, documentos oficiales, recursos de difusión



audiovisual, fichas museográficas y materiales de exposición para instituciones nacionales e internacionales. A veces, también traduzco entre el inglés y el náhuatl, que ahora se habla, se escucha y se lee en varias partes del mundo, no solo en México.

El español mexicano es mi segunda lengua, la aprendí en las escuelas a las que he asistido a lo largo de mi vida. En cambio, no recuerdo haber tomado una clase en toda mi formación básica sobre la gramática, la sintaxis o las normas que rigen la escritura del idioma náhuatl; así que lo aprendí en mi casa, con mi familia, con mis abuelas, con mis amigos de la comunidad y con los grupos de danzantes de los que soy parte. Fue hasta que llegué a la universidad que tomé mis primeras lecciones de escritura y gramática sobre el náhuatl. No me malentiendan, no es una queja ni una apología, es la consecuencia de una desigualdad histórica y estructural originada en la colonialidad y la desposesión de la que han sido objeto todos los pueblos indígenas de América.

Desgraciadamente en nuestras sociedades contemporáneas persiste un profundo desprecio por los idiomas indígenas.

Esto se ha materializado como racismo, educación monolingüe, represión lingüística, integracionismo desarrollista, exclusión política, inequidad y barreras institucionales para el ejercicio de los derechos lingüísticos. Así que, para mí, traducir no únicamente es una cuestión de trabajo, sino una forma de revitalizar mi idioma materno y un acto de resistencia.

Traducir desde y hacia las lenguas originarias

En las lenguas indígenas de México las traducciones son literarias, pero también de muchos otros tipos. Por ejemplo, se requiere de traductores y traducciones en el ámbito de la justicia, la medicina, la educación, el comercio y en todos los contextos donde interactuamos las personas indígenas.

Traducir desde y hacia las lenguas indígenas permite entretejer sentidos, palabras, historias y contextos inmersos en esta colisión de mundos que significa el proceso de colonialidad y de las búsquedas de autonomía de los pueblos originarios. Traducir muestra que los idiomas están vivos, pues ello indica un interés mutuo por compartir entre las personas, que no necesariamente conocen a profundidad la cultura o la historia lingüística de una sociedad. A veces, una cultura define aspectos de la realidad o de la sensibilidad humana que escapan o son obviados en otros idiomas.

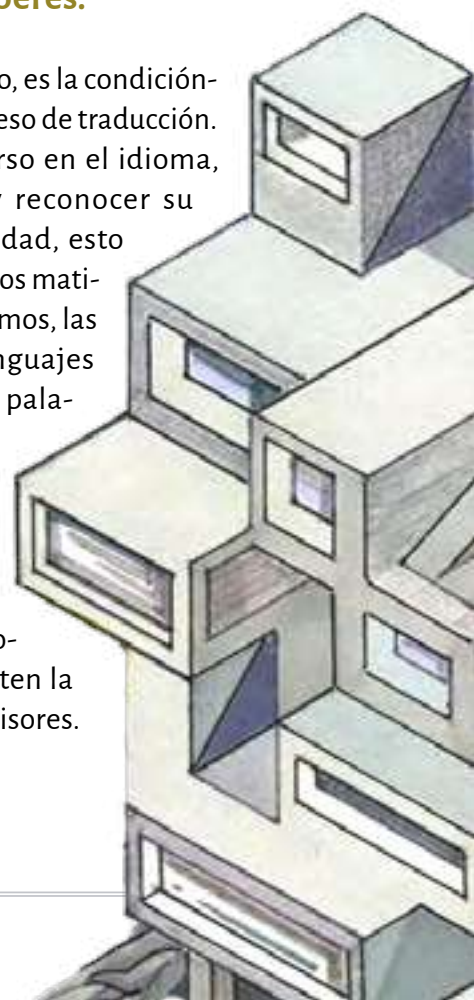
Todas las traducciones envuelven algún tipo de desafío. En ocasiones, las palabras escritas son insuficientes, porque, a pesar de su complejidad y estructura en el texto, carecen de la expresión viva que solo las personas pueden insertar en un diálogo directo.

Los ademanes, el timbre de voz, el tiempo, las inflexiones, las posturas corporales; todo ello forma parte del mensaje que se emite. En los textos, en cambio, se sacrifica gran parte de este contexto de emisión, y esto, a la vez que significa una reducción, implica también un trabajo de diseño e interpretación para elaborar, con palabras de un idioma nuevo, aquello que se dijo.

Cada documento o material susceptible de traducir, involucra una inmersión profunda en su contexto y en las interpretaciones que las culturas elaboran sobre sí mismas y sobre el mundo. Por ejemplo, en la experiencia de traducción de películas y documentales tanto del náhuatl al español como del español al náhuatl, suele pensarse que esta labor es fácil, ya que en su mayoría se trata de diálogos, aspectos de la vida cotidiana o problemáticas contemporáneas; sin embargo, no es así. Cada traducción requiere investigación, profundizar en las apreciaciones locales sobre los temas trabajados, sean estos la visión de las personas, los conflictos culturales, ambientales, agrarios, políticos o la historia de las comunidades.

La traducción es un ejercicio creativo, de diálogo, reflexión y de construcción compartida entre varias formas de conocimiento y de saberes.

Habitar las lenguas, pienso, es la condición más importante en el proceso de traducción. Ello significa estar inmerso en el idioma, usarlo con frecuencia y reconocer su dinamismo y permeabilidad, esto permite ser consciente de los matices, las ironías, los difrasismos, las metáforas y aquellos lenguajes tácitos que escapan a las palabras escritas. Con todo esto quiero decir que traducir es mucho más que construir sentidos literales; en ocasiones, palabras con el mismo significado en idiomas distintos no transmiten la intencionalidad de los emisores.



El idioma náhuatl se caracteriza por ser aglutinante, sus palabras se forman añadiendo otras palabras, raíces y afijos en una sola para poder expresar las ideas. Por ejemplo, *niyolpaki* se compone uniendo el prefijo *ni* (pronominal de sujeto primera persona singular, mí) a la raíz *yol* de *yolot* —corazón— y *paki* —se alegra—; así, podríamos traducir literalmente a “mi corazón se alegra”, pero en ciertos contextos resultaría más adecuado el uso habitual “estoy contento”, “estoy alegre”. Otra palabra que reconocerán en muchos idiomas y que también ilustra esta característica es *xokoatl*, de la combinación *xokok* —agrio, ácido— y *atl* —agua—, o en nuestro uso cotidiano del español: “chocolate”. Por cierto, cuando los europeos lo bebieron las primeras veces en los territorios de la *Exkan Tlahtoloyan* —la triple alianza—, el chocolate era una bebida de muy alto prestigio, espumosa y amarga con toques de chile.

En mi idioma es habitual que la traducción tenga que rastrear los sentidos metafóricos de los interlocutores. También está lleno de combinaciones de dos o más palabras para expresar e identificar un tercer significado, a esto se le conoce como expresiones figurativas y difrasismos y son una parte importante del lenguaje, ya que con ello se enfatizan y resaltan aspectos que son de importancia en contextos ceremoniales, diplomáticos y solemnes. Así, las enseñanzas y consejos de los abuelos suelen expresarse metafóricamente.

Otro ejemplo, es el difrasismo *in xochitl, in kuikatl*, literalmente se traduce al español como “la flor, el canto”; sin embargo, en náhuatl es una metáfora compleja para definir lo que comúnmente llamamos poesía. *In atl, in tepetl*, “el agua, el cerro” es otro difrasismo recurrente en la antigüedad y que aún sigue vigente, era usado para aludir a las entidades políticas y las ciudades nahuas del siglo XVI. Actualmente, entre los nahuas de la Sierra Norte de Puebla, el término *Weyaltepetl* refiere a los grandes centros urbanos contemporáneos (como la Ciudad de México o Xalapa), *Altepetl* para aludir a las cabeceras municipales (por ejemplo, Cuetzalan o Coatepec) y *Tepetl* para indicar pueblos pequeños o localidades (Tzinacapan, Xico o Teocelo). Aunque estos términos

señalan asentamientos, también implican una representación en contraste de los modos de vida, costumbres y relaciones que existen en esos lugares.

En español, los difrasismos son menos frecuentes, pero algunos nos son más familiares. Es común escuchar las expresiones “a pan y agua” o “contra viento y marea” y aunque su acepción literal no tiene mucho sentido si tratamos de entenderlas de manera aislada, en determinadas situaciones expresan de manera figurativa el castigo y la adversidad. Así, una persona narrando las precariedades que sufrió a manos de sus carceleros, puede usar “a pan y agua” para mostrarnos la magnitud del castigo; o alguien puede enseñarnos la escala de dificultades que enfrentó para llevar a cabo su objetivo con la frase “contra viento y marea”.

De igual forma, cuando se traduce del español u otros idiomas al náhuatl también hay procesos interpretativos. Por ejemplo, en náhuatl no hay una palabra que aluda directamente a “teléfono”, pero existe una combinación aglutinante de características para referir este objeto y su función. *Teposmekatanohnotsaloni*, es la palabra en el náhuatl de Cuetzalan para “teléfono” y está conformada por la siguiente aglutinación, *tepos* —fierro o metal—, *mekat* —cable o cuerda— y *tano-hnotsaloni* —acción reiterativa de hablar a alguien—. *Tepostatsotson*, es otro ejemplo que combina la raíz *tepos* con *tatsotson* —instrumento musical—, es una palabra compuesta para describir un aparato reproductor de música o radio. Así como sucede con estas palabras, existen múltiples posibilidades de combinaciones. Cada palabra por traducir se convierte en una aglutinación de ideas que requieren ser comprendidas en su contexto de emisión e interpretada considerando su contexto de recepción, ya sea un diálogo, una narrativa, ya sea poesía o un texto académico.

La mayoría de los autores, literatos, poetas y cuentistas en lenguas indígenas hacen un gran esfuerzo por traducir ellos mismos sus obras. Los autores en español, inglés, francés o algún otro idioma históricamente colonial no suelen preocuparse por las traducciones de sus obras. Sus interlocutores están perfectamente identificados y el trabajo de traducción es desarrollado por otros especialistas.

En cambio, los escritores en lenguas originarias hacemos un doble trabajo, escribimos en nuestras lenguas y traducimos a otros idiomas, con la intención de que nuestras obras sean comprensibles para la mayor cantidad de personas.



Esta es una práctica que ha sido criticada porque convierte a los escritores indígenas en dependientes de un idioma clave, ya que, regularmente los lectores de lenguas originarias son menos frecuentes que los lectores en español o inglés. No obstante, también es cierto que este esfuerzo permite ampliar y revitalizar las producciones subjetivas e intelectuales de los hablantes de idiomas nativos.

Desde mi perspectiva, el problema es mucho más profundo y difícil de observar. No se trata solo de la desigualdad del esfuerzo doble que ya he señalado líneas arriba, sino de inequidades históricas que han relegado la producción subjetiva de los pueblos indígenas, encasillando sus manifestaciones culturales, científicas y artísticas en categorías que las demeritan.

Existe también una enorme barrera en las instituciones públicas y el Estado. Pese a encomiables casos, la mayoría de las labores de divulgación, difusión y comunicación del arte, la ciencia y los saberes cívicos en el contexto mexicano se sigue realizando de manera monolingüe en Español. Valdría la pena preguntarnos: ¿cuántos textos científicos u obras literarias traducidas a lenguas indígenas conocemos en comparación a otros idiomas occidentales?

Traducir y tejer mundos

Traducir desde y hacia lenguas originarias es más que hacer comprensibles las palabras y los mensajes entre idiomas distintos. Es tejer mundos construidos en tradiciones diferentes, es un acto de resistencia y revitalización lingüística.

Traducir es generar posibilidades hacia el futuro, hacia lectores e interlocutores que podrán descubrir una parte del mundo en los contenidos traducidos.

La traducción debe pensarse en el marco de los esfuerzos comunes para garantizar el acceso al conocimiento, la educación y al ejercicio pleno de los derechos lingüísticos. La traducción hacia idiomas indígenas no debe considerarse como una cuota de inclusión, sino un trabajo de comprensión entre realidades y de equidad hacia culturas y pueblos históricamente violentados. Pensar que solamente un idioma es válido para conocer, ser y estar en el mundo es mutilar la creatividad, el intelecto y la sensibilidad humana.

Finalmente, debe reconocerse que hay cauces enormes de saberes y experiencias extraídos del náhuatl. En cambio, muy pocos conocimientos e historias desde otros idiomas viajan traducidos hacia esta lengua o a cualquiera de los idiomas indígenas de México. En ello, los escritores y traductores nahuas a lo largo de la historia han sido inusitadamente exitosos.

Aquí mi invitación: les propongo leer algún texto que originalmente fue pensado y creado en alguna de las sesenta y ocho lenguas indígenas del país y que haya sido traducido al español.

Cuando realicen esta lectura se aproximarán a otras maneras de ver la realidad, podrán explorar sensibilidades y sumergirse en milenios de historia; descubrirán caminos alternos para habitar el mundo.

Lecturas recomendadas

- Carranza Martínez, L. (2023). La traducción como un mecanismo de preservación y difusión de las lenguas nacionales de México. *Otros Diálogos de El Colegio de México*, 19. <https://otrosdialogos.colmex.mx/la-traducccion-como-un-mecanismo-de-preservacion-y-difusion-de-las-lenguas-nacionales-de-mexico>
- Figuerola Saavedra, M. & Hernández Martínez, J. Á. (kordinador-meh). (2023). *In nawatlahtolli ipan interkoltoral tlamachtlistli itech Veracruz. Owihkayotl iwan chikawakayotl*. Universidad Veracruzana
- Sauza Duran, M. (2025). Carta a manera de pórtico. *Bífida. Revista de traducción literaria*, 1(1), 4.



Campos electromagnéticos: el océano invisible que nos cura y nos preocupa

Fausto Rojas Duran y
Jesús Antonio Lara Reyes

Vivimos inmersos en un mar de fuerzas invisibles que moldean nuestra realidad. Desde el calor que sentimos del sol hasta la señal instantánea de nuestro teléfono móvil, los campos electromagnéticos (CEM) son una parte tan fundamental de la naturaleza como de la tecnología moderna. Este artículo se adentra en la fascinante dualidad de los CEM, explorando el delicado equilibrio entre el debate sobre sus potenciales riesgos para la salud y sus extraordinarios y prometedores beneficios, que van desde diagnósticos médicos que salvan vidas hasta terapias innovadoras que reparan el cuerpo. Navegaremos por la ciencia que hay detrás de este fenómeno para ofrecer una visión equilibrada, con el objetivo de fomentar una convivencia informada con esta energía omnipresente que es, al mismo tiempo, motivo de preocupación y fuente de esperanza.

La fuerza que conecta el universo

Imagina por un momento un mundo sin ondas. No solo sin ondas sonoras, sino sin ondas de ningún tipo. Un mundo silencioso, estático, donde la luz del sol no viaja, el calor no se propaga y las comunicaciones inalámbricas son imposibles. Este escenario, casi

inimaginable, nos ayuda a valorar la realidad: nuestro universo está tejido con ondas, y una familia en particular es la responsable de la mayoría de las interacciones que experimentamos: las ondas electromagnéticas.

¿Alguna vez te has preguntado cómo es que el horno de microondas calienta tu comida, por qué la aguja de una brújula apunta siempre al norte, o de qué manera una resonancia magnética puede ver a través de los tejidos de tu cuerpo con tanta precisión?

La respuesta a todas estas preguntas, aparentemente dispares, se encuentra en un mismo y poderoso fenómeno físico: los CEM. Son como el aire para nuestra civilización tecnológica; no los vemos, pero están ahí, sustentando gran parte de la vida moderna. Sin embargo, su presencia masiva y constante genera una pregunta inevitable y legítima: ¿constituyen un riesgo invisible para nuestra salud o son, en realidad, unos de nuestros más grandes aliados? En este viaje por el espectro electromagnético, desentrañaremos tanto las alertas prudentes de la ciencia como las enormes esperanzas que los CEM nos brindan.

¿Qué son los campos electro-magnéticos? Una danza cósmica

Imaginar un campo de fuerza invisible, como en la ciencia ficción, es un buen punto de partida, pero la historia real es infinitamente más elegante y fascinante. Un campo electromagnético no es una sola fuerza, sino una danza íntima e inseparable entre la electricidad y el magnetismo. Es una asociación tan poderosa que es capaz de viajar por el vacío más absoluto del espacio interestelar, llevando consigo energía, información y, en definitiva, la capacidad de conectar el cosmos.

En este preciso instante, estás inmerso en un océano de campos electromagnéticos. La luz que te permite leer esto, el calor del sol en tu piel, la señal de tu teléfono celular buscando conexión y las ondas de radio que llenan el aire son todas manifestaciones de esta fuerza única y versátil que, aunque invisible, da forma y conecta nuestro mundo moderno.

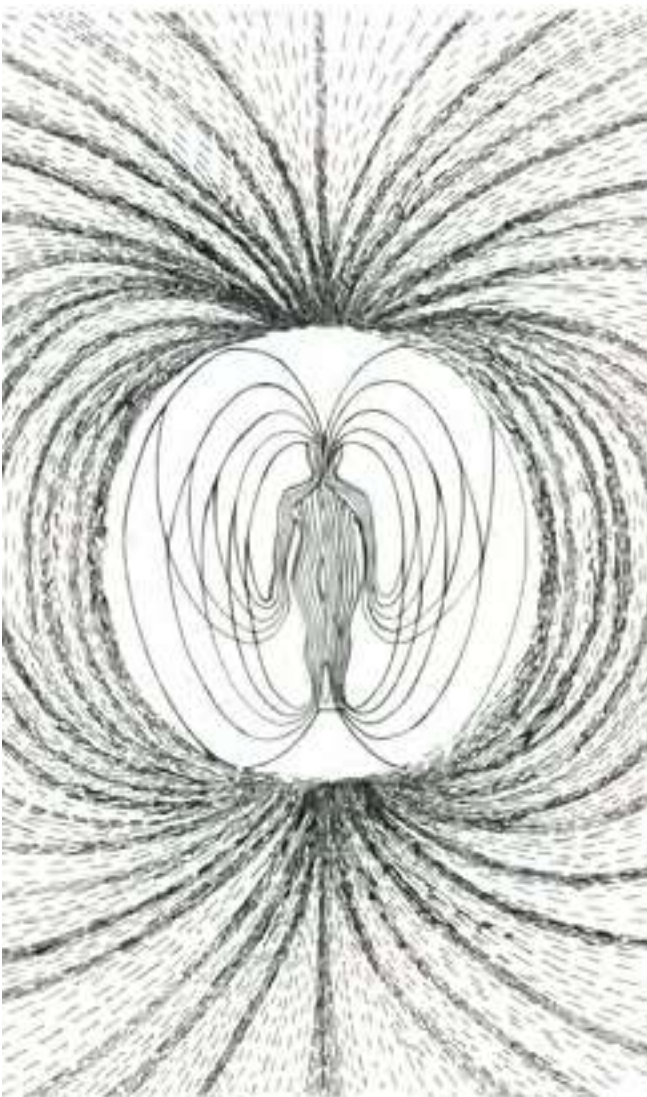


Figura 1. Los CEM están presentes en todo nuestro entorno, desde la radiación solar y las telecomunicaciones hasta las aplicaciones médicas avanzadas.

Los dos bailarines inseparables: el campo eléctrico y el campo magnético

Para comprender esta coreografía, debemos pensar en esta fuerza invisible como si tuviera dos componentes que se generan mutuamente en un ciclo perpetuo. Por una parte, el campo eléctrico, ya que todo comienza con una carga eléctrica, como un electrón. Por el simple hecho de existir, crea a su alrededor una especie de “aura de influencia” llamada campo eléctrico. Es como si la carga declarara: “En esta región del espacio, si eres otra carga, sentirás mi fuerza”. Si la otra carga es de signo opuesto, será atraída; si es del mismo signo, será repelida. Este campo existe siempre que hay una carga, esté en reposo o en movimiento.

Por otro lado, está el campo magnético: este actor entra en escena cuando las cargas eléctricas se mueven; es decir, cuando hay una corriente eléctrica. Es el responsable de que los imanes se atraigan o repelan, de que funcione el motor de un ventilador y de que la Tierra nos proteja de la radiación solar con su magnetósfera. Un imán permanente tiene un campo magnético porque, a nivel molecular, los electrones de sus átomos están en movimiento constante y alineados.

La verdadera magia, sin embargo, ocurre cuando estos dos bailarines se coordinan y se realimentan.

La coreografía perfecta: la onda que se auto propulsa

La clave para entender la naturaleza viajera de los CEM está en un “efecto dominó” cósmico, un principio descubierto por el físico James Clerk Maxwell en el siglo XIX. La secuencia es la siguiente:

1. Un campo eléctrico que cambia o varía en el tiempo genera instantáneamente un campo magnético a su lado.
2. Pero ese nuevo campo magnético, al nacer y cambiar, genera a su vez un campo eléctrico cambiante.
3. Este nuevo campo eléctrico genera otro campo magnético, y así sucesivamente, en un ciclo infinito que se propaga por sí mismo hacia adelante.

Esta cadena de generación mutua es lo que conocemos como onda electromagnética. Podemos visualizarla como una ola en el océano, pero en lugar de estar

hecha de agua, está compuesta de electricidad y magnetismo empujándose el uno al otro de manera rítmica. Lo más asombroso es que esta onda viaja sin necesidad de un medio material, a diferencia de las ondas sonoras. Se propagan a la velocidad de la luz en el vacío (aproximadamente 300,000 kilómetros por segundo); de hecho, la luz visible es, en sí misma, un tipo más de onda electromagnética.

El espectro electromagnético: un universo de vibraciones

Todas las ondas electromagnéticas son esencialmente lo mismo, la diferencia fundamental radica en su frecuencia (el número de oscilaciones completas que realizan por segundo) y su longitud de onda (la distancia entre dos crestas consecutivas de la onda). Juntas, forman el espectro electromagnético, que podemos imaginar como un enorme piano cósmico. Cada tecla produce un tipo de energía diferente, desde las notas graves y de baja frecuencia hasta las agudas y de frecuencia extremadamente alta.

Para entender su interacción con la materia y la salud, el espectro se divide en dos grandes categorías, separadas por una línea crucial: la capacidad para ionizar.

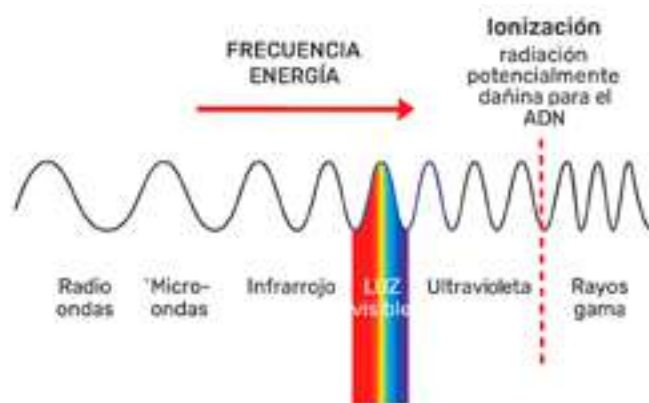


Figura 2. Representación mostrando cómo aumenta la frecuencia y la energía de izquierda a derecha. La línea divisoria marca el punto donde la radiación se vuelve «ionizante» y capaz de potencialmente dañar el ADN. Imagen por Microsoft Copilot, 2025.

Radiación ionizante: la energía de la transformación atómica. Ocupa el extremo de alta energía del espectro. Aquí encontramos:

- Radiación ultravioleta (UV): Proveniente del sol.
- Rayos X: Usados en diagnósticos médicos.
- Rayos gamma: Emitidos por materiales radiactivos y utilizados en radioterapia.

Estas ondas tienen tanta energía que son capaces de arrancar electrones, ionizando átomos y moléculas.

Esto significa que pueden dañar directamente las células y el material genético (ADN), lo que suele llevar a mutaciones y cáncer. Por esta razón nos protegemos con bloqueador solar contra los rayos UV y con delantales de plomo durante las radiografías. Su uso en medicina es estrictamente controlado para maximizar los beneficios (como diagnosticar una fractura o destruir un tumor) y minimizar los riesgos.

Radiación no ionizante: la energía de la vida cotidiana. Se encuentra en el extremo de baja energía del espectro. Aquí está la inmensa mayoría de los CEM con los que interactuamos diariamente:

- Campos de frecuencia extremadamente baja (ELF): generados por la corriente eléctrica de nuestros hogares (50/60 Hz), electrodomésticos y líneas de alta tensión.
- Radiofrecuencias y microondas: utilizadas por la radio, la televisión, el Wi-Fi, los teléfonos móviles (celulares), el bluetooth y los hornos microondas.

La característica principal de esta radiación es que su energía es insuficiente para arrancar electrones de los átomos o moléculas (para ionizar). Por lo tanto, no dañan directamente el ADN de nuestras células. Su efecto biológico, en exposiciones muy intensas, es el calentamiento de los tejidos (principio usado por el microondas).

La controversia social actual se centra, precisamente, en la exposición continua y a largo plazo a estos CEM no ionizantes de baja intensidad generados por nuestras tecnologías.



Una cara de la moneda: los potenciales riesgos y la evidencia científica

La preocupación pública no surge de la nada, sino de la comprensible intranquilidad que produce la exposición constante a algo que no podemos ver ni sentir. La ciencia ha abordado estas inquietudes mediante miles de estudios epidemiológicos y de laboratorio. Las principales áreas de investigación han sido:

Cáncer y leucemia infantil. El debate se avivó a partir de estudios que observaron una asociación estadística, aunque débil e inconsistente, entre vivir en proximidad inmediata a líneas de alta tensión (y, por tanto, a CEM de frecuencia extremadamente baja) y un riesgo ligeramente mayor de leucemia infantil. Es crucial entender los matices: “asociación” no significa “causa”. Después de décadas de investigación, no se ha identificado un mecanismo biológico por el cual estos campos de baja energía inicien un cáncer.

Debido a esta asociación observada, pero en ausencia de un mecanismo causal demostrado, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), dependiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS), clasificó los campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja como “posiblemente carcinógenos para los humanos” (Grupo 2B). Esta categoría es importante entenderla: incluye agentes para los cuales hay evidencia limitada en humanos y menos que suficiente en animales de laboratorio. En esta misma categoría se encuentra, por ejemplo, el café o el aloe vera.

Para las radiofrecuencias (como las de los celulares), la IARC también las clasificó en el Grupo 2B, basándose en un estudio que sugería un aumento en el riesgo de un tipo específico de tumor cerebral (glioma) en usuarios muy intensivos que reportaron el mayor uso. Sin embargo, la evidencia global es limitada y no concluyente, y numerosos estudios posteriores no han podido replicar estos hallazgos de manera consistente.

Electrosensibilidad. Algunas personas reportan una variedad de síntomas como dolores de cabeza, insomnio, fatiga, mareos o problemas cutáneos, que atribuyen a la exposición a CEM de dispositivos electrónicos. Es fundamental afirmar que el sufrimiento de estas personas es real y no debe ser menospreciado. No obstante, los estudios científicos controlados, en los que los participantes no saben si están expuestos o no a un CEM real, no han logrado demostrar que

exista una correlación consistente entre la exposición a estos campos y la aparición de los síntomas. La OMS sugiere que estos síntomas se deberían a otros factores ambientales (como la luz azul de las pantallas, el ruido o el estrés) o al “efecto nocebo” (el fenómeno psicológico por el cual la expectativa o el miedo a que algo nos hará daño, efectivamente genera síntomas reales).

El consenso científico y el mensaje más importante a destacar es que, hasta la fecha, no se ha podido demostrar de manera fehaciente que la exposición a CEM no ionizantes por debajo de los límites internacionales de seguridad establecidos (por organismos como la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)) cause daños a la salud a corto o largo plazo.

Estos límites incorporan amplios márgenes de seguridad para proteger a toda la población, incluidos los grupos más vulnerables.

Los CEM constituyen una dualidad, por un lado, están las inquietudes que han surgido sobre sus posibles efectos negativos en la salud humana, y al mismo tiempo destacan sus aplicaciones extraordinarias en el campo de la salud y comunicación inalámbrica

La otra cara de la moneda: el asombroso potencial terapéutico y tecnológico

Si una cara de la moneda genera dudas, la otra ofrece un potencial tan extraordinario que redefine qué es posible en medicina e ingeniería. Lejos de ser solo una fuente de preocupación, los CEM son herramientas fundamentales que salvan y mejoran millones de vidas cada día.

Diagnóstico médico de precisión

Resonancia Magnética (RM). Esta técnica emplea poderosos imanes para generar un campo magnético constante miles de veces más fuerte que el terrestre y ondas de radio (ambos no ionizantes) para alinear los protones de los átomos de hidrógeno en nuestro cuerpo. Al “escuchar” cómo estos protones regresan a su estado original, una computadora construye imágenes tridimensionales detalladísimas de nuestros órganos internos. Es indispensable para diagnosticar tumores, esclerosis múltiple, lesiones deportivas y patologías cerebrales.

Tomografía por Emisión de Positrones (PET). Combina el uso de un marcador radiactivo (un azúcar ligeramente ionizante) que se inyecta en el paciente. La PET no muestra solo la anatomía, sino la función; permite visualizar el metabolismo celular, lo que es de suma importancia ya que las células cancerosas, metabólicamente muy activas, absorben más del marcador, brillando en la imagen permitiendo detectarlas.

También existen terapias revolucionarias como: **Ablación por Radiofrecuencia.** Utiliza una corriente eléctrica de alta frecuencia que genera calor localizado de forma precisa para destruir tejidos anómalos. Es usada para eliminar tumores pequeños en el hígado, pulmones o riñones, y también para tratar arritmias cardíacas, “quemando” las pequeñas zonas del corazón que generan el ritmo anormal.

Terapia de Luz Pulsada Intensa (IPL) y Láser. Ambas emplean luz (un CEM) concentrada y de una longitud de onda específica para tratar afecciones dermatológicas. La luz es absorbida por objetivos específicos en la piel, como la hemoglobina de los vasos sanguíneos (para tratar lesiones vasculares) o la melanina (para eliminar manchas solares), permitiendo tratamientos estéticos y médicos con una invasividad mínima.

Los campos electromagnéticos pulsados (PEMF): una terapia sutil y regenerativa

Esta área representa una de las aplicaciones más fascinantes y menos conocidas de los CEM. A diferencia de los campos constantes, los PEMF emiten pulsos cortos y rítmicos de energía electromagnética de muy baja intensidad, diseñados para “conversar” o interactuar con los procesos electrofisiológicos naturales de nuestras células sin generar calor ni efectos adversos.

La premisa científica es que las células y tejidos sanos mantienen un potencial eléctrico específico a través de sus membranas.

Lesiones, inflamaciones o enfermedades crónicas alteran este equilibrio bioeléctrico. La hipótesis es que los PEMF actuarían como un “recordatorio” o un estímulo similar, ayudando a las células a restablecer su frecuencia y potencial eléctrico saludable, promoviendo así la autorregulación y la reparación.

Sus aplicaciones, respaldadas por un creciente cuerpo de evidencia científica y aprobadas por agencias reguladoras como la Administración de Alimentos y medicamentos (FDA por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, son notables:

Huesos que se niegan a sanar. Es la aplicación más consolidada. Los PEMF están aprobados específicamente para el tratamiento de fracturas que no consolidan (pseudoartrosis). Los pulsos electromagnéticos estimulan a las células formadoras de hueso (osteoblastos), promueven la angiogénesis (formación de nuevos vasos sanguíneos) y activan cascadas de señalización celular que conducen a la regeneración ósea.

Alivio del dolor y la inflamación. Numerosos estudios clínicos han demostrado que los PEMF reducen significativamente el dolor y la inflamación en afecciones como la osteoartritis de rodilla, el dolor lumbar crónico y la fibromialgia. Se cree que modulan la liberación de neurotransmisores y citocinas inflamatorias.

Aceleración de la cicatrización. En el tratamiento de úlceras diabéticas y heridas crónicas de difícil curación, los PEMF han mostrado ser eficaces. Al mejorar la microcirculación y estimular la actividad de los fibroblastos (células que generan colágeno), crean un ambiente propicio para que el tejido dañado se regenere.

Además de las aplicaciones consolidadas en ortopedia y manejo del dolor, la investigación con PEMF se aventura en territorios terapéuticos aún más complejos, como la oncología. Los estudios preliminares, sobre todo en modelos preclínicos, sugieren que ciertos patrones específicos de PEMF influirían en el comportamiento de las células cancerosas.



Los científicos exploran si estos campos de baja intensidad actúan como un “caballo de Troya” biológico,

no para destruir directamente el tumor —una hazaña que requiere la energía de la radiación ionizante—, sino para alterar sutilmente su microambiente. Las hipótesis plantean que los PEMF dificultarían la angiogénesis (la formación de nuevos vasos sanguíneos que el tumor necesita para crecer), inducir la apoptosis (muerte celular programada), o incluso aumentar la permeabilidad de las membranas celulares para mejorar la eficacia de los fármacos de quimioterapia, haciendo que los tratamientos convencionales sean más efectivos. Si bien esta línea de investigación es incipiente y se requiere más evidencia, representa una frontera prometedora donde la terapia electromagnética podría convertirse en un valioso coadyuvante en el tratamiento del cáncer, ofreciendo una estrategia complementaria de baja toxicidad.

Podemos decir que el impacto de los CEM se extiende mucho más allá del consultorio médico, como son la desinfección de agua y alimentos, ya que la luz ultravioleta (UV-C) es un potente germicida. Se utiliza ampliamente para desinfectar agua potable, superficies en hospitales, ambientes quirúrgicos y el empaque de alimentos, eliminando bacterias, virus y hongos sin necesidad de productos químicos; o las telecomunicaciones y navegación global. Toda nuestra comunicación inalámbrica, desde la radio y la televisión hasta el Wi-Fi, el GPS, el bluetooth y las redes 5G, depende de la transmisión y recepción de ondas de radio, un tipo de CEM no ionizante. Son la columna vertebral de la sociedad de la información.

Hacia una coexistencia informada y esperanzadora

El debate en torno a los CEM es un reflejo vívido de un principio fundamental de la ciencia moderna: la necesidad de sopesar la evidencia de manera crítica y constante, separando las percepciones de los hechos demostrados. Por un lado, tras décadas de investigación exhaustiva, no existen pruebas contundentes de que la exposición ambiental a CEM no ionizantes, dentro de los estrictos límites de seguridad internacionales, cause enfermedades.

La prudencia y la vigilancia deben continuar, pero el pánico infundado no tiene cabida.

Por otro lado, y de manera abrumadora, existen pruebas sólidas y tangibles de los enormes beneficios que los CEM aportan a la humanidad. Son herramientas de diagnóstico que ven lo invisible, terapias que reparan lo dañado y un puente de comunicación que une al mundo. Desde la resonancia magnética detecta un tumor a tiempo, hasta los PEMF que soldan un hueso fracturado o las ondas de radio que nos permiten acceder al conocimiento global, su potencial para el bien es inmenso.

El futuro de la investigación en este campo es brillante y prometedor. Los CEM son la base de tecnologías emergentes que hoy parecen ciencia ficción.

Los CEM no son ni buenos ni malos por naturaleza; son una herramienta poderosa, un componente fundamental del universo.

Nuestra tarea, como sociedad informada, es entenderlos, respetarlos y utilizarlos con sabiduría. La evidencia actual nos invita a la calma: convivir con nuestra tecnología es seguro. Pero también nos invita al asombro y a la curiosidad.

La ciencia es un proceso de descubrimiento continuo, y cada uno de nosotros puede ser parte de él. En este vasto y misterioso océano invisible de energía que nos rodea, el conocimiento científico es, y seguirá siendo, nuestro faro más confiable para navegar entre el miedo infundado y la esperanza bien fundamentada.

Referencias

- Instituto Nacional del Cáncer. (2023). Campos electromagnéticos y cáncer. National Institutes of Health. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/radiacion/campos-electromagneticos-hoja-informativa>
- Markov, M. S. (2007). Pulsed electromagnetic field therapy: history, state of the art and future. *The Environmentalist*, 27(4), 465-475. <https://doi.org/10.1007/s10669-007-9128-2>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Campos electromagnéticos y salud pública. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health>
- U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2020). Ablación por radiofrecuencia en cirugía. <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/rhythm-control-devices/radiofrequency-ablation-surgery>

Si tuvieras fe

como una **semilla** de **orquídea**...



José Martín Barreda Castillo y
Rebeca Alicia Menchaca García

Varias tradiciones religiosas como la cristiana, la judía y la budista se refieren a la semilla de mostaza cuando quieren hablar aspectos relacionados con la fe y la esperanza, haciendo referencia a que es una de las semillas más pequeñas, y termina convertida en un gran árbol. Pero curiosamente existen semillas más pequeñas que la de mostaza (que mide 2 mm), por ejemplo, amaranto (1.7 mm), zanahoria (1 mm), o tabaco (0.5 mm). Aún no estamos ante la semilla más pequeña.

En realidad, las semillas de las orquídeas se llevan el primer puesto al ser las más diminutas de todo el reino vegetal.

Llegan a medir en promedio ¡hasta 0.1 mm!, es decir, son hasta veinte veces más pequeñas que las semillas de mostaza. Pero ya entrados en tema, mejor hablemos sobre la maravilla evolutiva que resulta tener semillas diminutas.

Pensar en semillas es traer a la mente a aquellas de gran volumen como es el caso del coco, el aguacate, o de un tamaño “común”, como el frijol o el cacahuate. Una semilla contiene en su interior al embrión, quien en el futuro se convertirá en la planta, tal y como la conocemos. Este embrión no es capaz de alimentarse por sí mismo, al menos no hasta que produzca sus hojas y afiance sus raíces en la tierra. Por ello, una semilla “típica”, como en los ejemplos antes mencionados, cuenta con reservas alimenticias como azúcares o grasas que apoyen al embrión a desarrollarse y eventualmente ser independiente (o mejor dicho, ser capaz de hacer la fotosíntesis).

Pero ser una semilla diminuta implica sacrificios.

En primer lugar, hay menos espacio, lo que implica pocas reservas. En segundo lugar, las semillas pequeñas son más susceptibles a ser consumidas por insectos y otros pequeños depredadores, y las plántulas recién germinadas son muy vulnerables a las variaciones climáticas. Todas estas condiciones nos pintan un escenario nada favorable para estas plantas, y nos haría preguntarnos ahora: ¿por qué entonces producir semillas tan minúsculas? Irónicamente, la respuesta nos la dará las plantas con la mayor reducción en el tamaño de sus semillas: adivinaron bien, las orquídeas. Sí, las orquídeas tienen mucha fe.

Las orquídeas inician su vida siendo microscópicas, incluso se les conoce como “semillas polvo” por su reducido tamaño. Estas semillas solo son el embrión, ¡cubierto de una capa formada de entre 10 a 20 células! No hay nutrientes, solo una protección sumamente sencilla. De pronto siguen siendo cualidades negativas, e incluso parece como si la evolución le hubiera jugado una broma de muy mal gusto a estas plantas. Sin embargo, si algo sabemos es que la selección natural conserva una característica de los seres vivos si le es de utilidad. Cuando vemos que las orquídeas son uno de los grupos más diversos a nivel mundial, significa que algo deben estar haciendo bien.

Las semillas de las orquídeas son diminutas, pero también se producen millones de ellas por fruto.

Al producirlas en gran cantidad incrementa la probabilidad de que al menos algunas de ellas germinen y sobrevivan. Además, producir semillas diminutas requiere menos gasto energético por parte de la planta, en comparación con semillas más grandes que contienen más reservas de nutrientes. Asimismo, las semillas diminutas son extremadamente ligeras y pueden ser transportadas fácilmente por el viento a largas distancias, lo que a su vez aumenta las posibilidades de colonización de nuevas áreas y reduce la competencia entre las plántulas y la planta madre. Muy bien, la orquídea fue polinizada y formó frutos. Estos lograron llegar a su madurez, por lo que ahora tenemos millones de semillas esperando a que el viento sople y se las lleve consigo, listas para colonizar nuevos espacios.





Pero que no se nos olvide que siguen siendo semillas diminutas sin una protección dura ni reservas alimenticias, condiciones que apoyan a la sobrevivencia del embrión. Entonces ¿de qué sirve producir millones de ellas, si no tienen condiciones para establecerse por sí mismas? ¿En verdad es una ventaja evolutiva?

Pues contra todo pronóstico, las diminutas y vulnerables semillas de las orquídeas logran establecerse. ¿Cómo lo logran, si dijimos que era prácticamente imposible que sobrevivieran? El truco está en que no lo hacen solas, sino que reciben ayuda “de un buen samaritano” en su etapa más vulnerable. Un patrón general observado en las semillas muy pequeñas (no solo en orquídeas) es el establecimiento de una relación con alguna especie de hongo que le suministre alimento (principalmente azúcares) al embrión, de manera que logre nutrirse y fortalecerse, y de esta forma germinar y establecerse.

Regresando a las orquídeas, después de que sus microscópicas semillas son dispersadas por el viento, algunas serán afortunadas y encontrarán un lugar donde establecerse, pero las más afortunadas encontrarán además a algún hongo micorrícico, el cual entrará en ellas, y aunque en primer momento pensaríamos que la terminaría matando, lo que hará es suministrarle el alimento que necesita, y por lo tanto comenzar a germinar. Y no es que el hongo sea un ser altruista que va por la vida apoyando a las pobres semillas de orquídeas indefensas, sino que en respuesta la orquídea genera una estructura en forma de balón llamada “protocormo”, en la cual el hongo termina encontrando un lugar donde refugiarse.

Esta relación positiva entre las orquídeas y sus hongos micorrícicos (llamada *simbiosis*) es considerada como la principal razón por la cual ocurrió la tendencia evolutiva que llevó a las orquídeas a enfocar su energía en producir millones de semillas diminutas sin reservas nutritivas en lugar de producir pocas semillas con reservas, como lo observamos en la gran mayoría de las plantas, pues, ¿para qué le darías un almuerzo a tus niños, si ya sabes que al lugar a donde van les darán de comer nutritivo, delicioso y abundante?

Si bien la relación con los hongos micorrícicos es

considerada la razón más importante para que las orquídeas produjeran semillas microscópicas, no es la única.

Tengamos en mente que las orquídeas fueron de los últimos grupos de plantas en aparecer y, en consecuencia, se encontraron un mundo con la mayoría de los espacios ya ocupados. Sin embargo, los sitios de difícil acceso como grietas, espacios entre rocas, pequeños surcos, o pendientes pronunciadas, estaban disponibles. La oportunidad de colonizar estos sitios no convencionales, junto con la colaboración de los hongos micorrícicos, es una de las razones aceptadas acerca del porqué hubo esta tendencia a la reducción en el tamaño de las semillas de orquídeas.

¿Qué haces si todos los espacios disponibles ya fueron ocupados por plantas más grandes que tú? En un acto de genialidad pura comenzaron a crecer sobre esas plantas más grandes que ellas. Y qué forma más fácil de colonizar otras plantas que con semillas diminutas, que puedan entrar en pequeñas grietas de las cortezas (que por cierto, son excelentes para guardar humedad y atraer hongos micorrícicos). Adivinaron bien, el crecer sobre otras plantas es considerado como el tercer motivo de la reducción del tamaño de las semillas de las orquídeas.

Las orquídeas aparecieron en el periodo de formación de los bosques tropicales, y como todo bosque, está compuesto por plantas enormes.

Pues ahora parece que tener semillas microscópicas es una maravilla... Bueno, no exageremos. Es una estrategia que le permitió sobrevivir a las orquídeas, pero

hasta ahí. No son el grupo dominante en ningún sitio donde las podamos encontrar naturalmente (ojalá las orquídeas se hubieran convertido en una plaga, con esas flores y fragancias tan espectaculares que presentan), pero lo que sí es una realidad es que sobreviven en los espacios donde “los grandes” ya están establecidos. Lograron aprovechar los espacios disponibles, por muy pequeños o inhóspitos que estos fueran.

“Si tuvieras fe como una semilla de mostaza moverías montañas, y nada sería imposible”. Mejor tengamos fe como las semillas de las orquídeas, las cuales utilizan el viento para dispersar, absorben y movilizan los nutrientes de los hongos para germinar y desarrollarse, atraen a los insectos para polinizarse, por lo que definitivamente mueven más, que solo montañas.

Y es que detengámonos a pensar un momento, ¿Plantas que al principio es difícil verlas por ser más pequeñas que el polvo, y que eventualmente se vuelven sumamente atractivas, con flores extraordinarias que no puedes dejar de verlas? ¿Plantas que son apoyadas por un “buen samaritano” en el momento más complicado de sus vidas? ¿Plantas que atraviesan así logran salir adelante?

Las orquídeas nos enseñan que siempre es posible triunfar ante la adversidad contra todo pronóstico, y que por muy complicada que sea mi realidad, siempre habrá alguien que me tienda la mano.

Sí, definitivamente espero algún día tener fe, tan pequeña como una semilla de orquídea, para superar adversidades y poder triunfar, como ellas lo han hecho.





Antes de la caída: un bosque sin futuro

Eduardo Hernández Hernández, Guillermo Rodríguez Rivas, Jesús Dorantes López, Christian Hernández, Adarely Y. Salas Sánchez y Marycruz Álvarez Jiménez

1. La Tribu de Pinos (Los Altos)

En ese momento, antes del primer resplandor del día, el aire se encontraba casi inmóvil. La frescura de la noche aún permanecía en el bosque, con un rocío que se depositaba en las ramas, hojas y el fértil suelo. Los animales nocturnos volvían a sus escondites y madrigueras, mientras que los diurnos comenzaban a cantar para recibir un nuevo día. En el horizonte, el resplandor del sol destelló como si saludara a todos en el ecosistema, las plantas en el suelo, los musgos en las cortezas, los pinos que cubrían las alturas, los insectos y hongos dentro de la tierra. La vida se reactivaba con este nuevo ciclo, se respiraba un fresco, agradable y puro aire de paz.

En lo más alto del bosque, Altiplán era el primero en recibir los rayos solares. Altiplán era el mayor de los pinos, el líder de La Tribu de Los Altos, los orgullosos pinos de fuste recto, poseía espíritu sereno y orgulloso, estaba convencido de encarnar el legado de sus ancestros y que el equilibrio con la tierra debía mantenerse. Desde las alturas, podía percibir cómo los pequeños árboles esperaban con ansias la llegada de la luz a sus acículas, es decir, a sus hojas, para iniciar su desayuno matutino. Entre todos esos pequeños pinos, Brinzal se destacaba por su emotividad, curiosidad y ánimo de conocer más. Brinzal soñaba constantemente con crecer tan alto como Altiplán, estar al frente de la tribu de pinos y mantener ese balance con la tierra como había sido desde tiempos inmemoriales.

—¡Altiplán! —llamaba Brinzal desde sus 50 cm de altura— ¡Eres enorme! ¿Cuándo podré llegar a tu altura? Quiero saber cómo se ven las cosas desde allí —Altiplán le contestó con templanza—. Sé paciente Brinzal, a mí me ha tomado 50 años el poder alzarme sobre este paisaje, son 50 años que no querrás apresurar, disfruta tu etapa de vida, conoce a quienes te acompañan en los suelos y a las criaturas que ves

caminar. Cada momento tiene su belleza —Altiplán dio un profundo respiro de aire y perdió sus ideas en el horizonte de nuevo.

Los brinzales de hoy no tienen el don de ser pacientes, pensó una anciana para sus adentros. Savia, la sanadora de la tribu de los pinos, veía cómo Brinzal seguía tratando de hablar con Altiplán quien mantenía su atención en el dosel, la parte más alta de los bosques. —De alguna manera es nuestra culpa —replicó Tercian, otro pino de la tribu, como si hubiera leído la mente de Savia—. Los buenos tiempos hacen pinos de madera suave, me refiero a pinos impacientes, inmaduros e inquietos... y jamás habían visto mejores tiempos que estos —Tercian sintió todo a su alrededor, lo creía firmemente, el bosque no había conocido mejores épocas, el sol era cálido, el suelo era fértil, las lluvias suaves y también regulares, las plantas, plántulas y animales eran prósperos, ¿qué otra cosa podría esperar un pino? Tercian dio un profundo respiro y dijo algo para sí mismo, pero toda la tribu de pinos pudo percibirlo—. Tenemos una buena vida, esperemos que nunca cambie.

2. La cachorra

No se sabe cuándo llegaron, pero unas criaturas diferentes comenzaron a correr en el bosque, caminaban en dos patas y recogían fragmentos de pinos para mantenerse calientes en madrigueras de su propia creación. Eran pocos y se veían felices, Altiplán no mostró preocupación al ver que mantenían un equilibrio con el resto de los seres. Una cachorra de su tribu escapó un día del grupo hacia el bosque, corría, disfrutaba del sol y de los animales que encontraba. Llena de curiosidad y con un espíritu aventurero, decidió trepar un árbol, ese árbol, Brinzal.

Brinzal la estudió, su mirada desafiante, los ojos puestos en la parte más alta de su cuerpo que ahora medía

cuatro metros. La cachorra era muy pequeña, delgada y ligera, no causaría daño. Brinzal se sintió con confianza, después de todo, quería comprobar que ya era un árbol fuerte, grande, alto, se irguió impetuoso ante la cachorra, invitándola a trepar, pero seguro de que le sería imposible. El desafío fue aceptado y la tribu de pinos les observó. La pequeña empezó a trepar el pino, poco a poco, se sostenía de ramas y se abrazaba del tronco, un paso a la vez, la mejilla rozaba con la áspera corteza del pino, un poco más, seguía trepando, su aroma, su olor era agradable, cuando casi había trepado un metro, la fuerza falló y la cachorra cayó desgarrando una rama de Brinzal.

—¡Auch! —exclamó Brinzal por el dolor en su rama quebrada. La cachorra, sucia en el suelo y también adolorida, abrió sus ojos con sorpresa.

—¡Ouch, ouch, arde! —seguía quejándose Brinzal abandonando todo orgullo, mientras la comunidad de pinos se divertía con la escena. La cachorra se acercó—. Perdóname ¿te lastimé? —le dijo— No, no es nada, yo... apenas lo sentí —respondió Brinzal sin pensar, mientras trataba de controlarse. La pequeña estaba sorprendida —¡puedo... escucharte! —se hizo un momento de silencio, como si todo el bosque se detuviera, los animales dejaron de jugar, la tribu no podía creer lo que ocurría, incluso el viento se detuvo un segundo para confirmar lo que había ocurrido.

—¿Arbolito? —La pequeña puso su mano en la corteza de Brinzal— ¿Cómo te llamas? —Sin saber si contestar o no, Brinzal tartamudeó— Bri... Brinzal —La pequeña sonrió con la mirada más tierna e inocente que se hubiera visto en el bosque mientras el sol le iluminaba su cabello castaño.

—Yo soy Lucía —dijo mientras hacía una reverencia y mantenía su mano en la corteza del árbol. El bosque salió de su estupor, era la primera vez que un animal se comunicaba de forma tan directa con el reino vegetal. La primera vez, pero no la última, Lucía jugaba en el bosque continuamente. Durante varios años, cultivó una conexión profunda con el bosque y, especialmente con Brinzal a quien trepaba a menudo, aunque ahora con más cuidado. Los miembros del clan de Lucía no se aparecían nunca, creían que ella tenía amigos imaginarios del bosque y la dejaban que viviera su infancia. La amistad cultivada con Brinzal podía sentirse en toda la Tribu de pinos, incluso Altiplán le había tomado aprecio a la pequeña cachorra. Así pasaron algunos años, así se terminaron y Lucía dejó de jugar en el bosque.

3. Son salvajes

Brinzal había conservado su nombre, a pesar de ser un árbol alto y fuerte, cuyo porte emulaba la apariencia que alguna vez tuvo Altiplán, toda la tribu le seguía llamando Brinzal. Sí, seguía siendo ingenuo, ocurrente y curioso, su experiencia con Lucía le había hecho creer que podría ser el puente entre dos mundos, el vínculo entre dos reinos, los animales y las plantas, un nuevo guía que llevaría la ideología de balance uniendo al ecosistema como uno solo. Esa esperanza se compartía entre todos los pinos a través de sus raíces y su conciencia colectiva. Así era, hasta aquel suceso.

Dicen los rumores, que hace unos cuantos días, en una madriguera de personas, se reunió un grupo de hombres que provenían de tierras lejanas. Sus cuchicheos no se lograban entender, pero plantas y animales reconocieron a humanos regordetes quemando plantas en sus hocicos mientras se felicitaban mutuamente por ser los amos del lugar, o eso es lo que parecía. No tardó mucho en llegar un ruido estruendoso, un tipo de colmillos que los humanos manejaban con sus manos, escupían humo como si estuvieran quemando algo dentro de sí y con esas máquinas, eso era lo más terrible, con ellas podían despedazar a los miembros de la tribu en unas cuantas horas.

—¡Qué está ocurriendo Altiplán! —demandaban saber los pinos reunidos— ¡Estas marmotas sin pelo están matando a los nuestros! —Era una noche fría, pero las plantas sentían un frío más gélido dentro de sí por el miedo y la incertidumbre. Altiplán no había podido descansar, su atención estaba fija en el campamento de los humanos, con soles falsos de color blanco iluminaban un espacio donde estaban descortezando cadáveres de los pinos más bellos de la tribu. Habían sido pinos altos, gruesos, fuertes, de fuste recto, sus congéneres, sus familiares.

—Altiplán —La voz de la antigua Savia le regresó al aquí y al ahora— Debes informarles, por favor.

Brinzal escuchaba con atención, le parecía difícil creer que alguna especie de animal tuviera el poder que reportaban los rumores, seguro eran exageraciones, él mismo había conocido a una de esas marmotas sin pelo, él sabía que era imposible que...

—¡Es cierto! —la voz de Altiplán atravesó nubes, sombra, tierra y carne. Los pinos callaron, los animales se

acurrucaron buscando cobijo, Brinzal sintió como su interior se congelaba— Los humanos no son de fiar —siguió explicando—, les he estado observando por todo este tiempo, lo bueno, lo malo, sus costumbres y sus deseos. Puedo decirles, que solo están aquí para consumir. Cualquier animal lo haría, pero cualquier animal encuentra el equilibrio con el ecosistema al ser depredado, parasitado o perecer por hambrunas. Tribu, esta especie de animal no lo hace, no encuentra depredadores, extermina sus parásitos, depreda lo que encuentra a su paso para evitar las hambrunas. Estas bestias no se detendrán ante nada y su mirada se ha posado sobre nosotros. —El silencio era sepulcral, un ligero viento se abría paso con dificultad entre troncos y helechos, fuera de ello, la quietud reinaba

—Tenemos... tenemos que hacer algo Altiplán —dijo Tercian— Y eso haremos, mi estimado amigo, vamos a defendernos de estos invasores —dijo fuertemente Altiplán mientras sonreía. Los pinos, con sus ánimos por los suelos, prestaron atención para escuchar el mensaje de resistencia. Los animales, que hasta entonces se habían mantenido al margen del conflicto, se acercaron a escuchar.

—¿Quieren nuestros cuerpos? —Altiplán siguió—, No les daremos semillas, no crecerán nuevos pinos. ¿Quieren fustes rectos? Seremos los más torcidos pinos que jamás hayan existido. ¿Quieren caminar por nuestros bosques? Que nuestros animales aliados les ataquen. —Las ramas de Altiplán se movían con el viento mientras los lobos mexicanos aullaban, los búhos ululaban, las serpientes de cascabel sonaban y los jabalíes gruñían—. No se equivoquen especies del bosque, esta es una amenaza para todos nosotros, pero la enfrentaremos juntos, ¡la vida encontrará la forma! —concluyó el gran pino mientras animales y plantas celebraban el inicio de la resistencia contra los humanos. Todos, excepto Brinzal.

Solamente puedo decirles que la unión de la naturaleza fue increíble. Ciertamente, los lobos montaron emboscadas para alejar o reducir las huestes humanas, los jabalíes arremetieron contra los humanos que caminaban individualmente, las serpientes montaron guardias, los pinos dieron menos semillas e hicieron esfuerzos por crecer torcidos, pero la mayoría tenían una calidad genética tan excelente que, a pesar de sus esfuerzos, seguían siendo pinos valiosos para los humanos. Debo decir que la resistencia, implacable como fue, también fue inútil. La mancha humana siguió consumiendo todo a su alrededor, ponían especial interés en los árboles más grandes, los más rectos, los más bellos,

los de mayor porte. Claro, como era de esperarse, Altiplán murió en esa revuelta. Su caída fue un golpe directo al corazón del bosque, los animales fueron perseguidos hasta el borde de su extinción, incluso aquellos que no habían tomado cartas en el asunto, como el búho cornudo cuyo mayor crimen fue ulular y ser hermoso. El hábitat se estaba degenerando, deteriorando, muriendo.

Una fuerte tormenta azotaba los bosques cuando algunos pinos se reunieron a discutir sobre el avance humano.

—¡Son unas bestias! —dijeron—, ¡mataron a Altiplán, a los lobos! ¡Se llevaron a los búhos! ¡Matarían a cualquiera! —replicó otro—, ¡Matarían a cualquiera si pudieran hacerse un tapete que desearán en un mes! —La lluvia se hizo más fuerte y los relámpagos iluminaban el cielo, a veces de color azul, otras veces de color rosa, la tormenta eléctrica tomaba más y más fuerza. El agua escurría por las cortezas como lágrimas que les permitían llorar la pérdida de sus familiares, amigos y aliados. —Son salvajes, nada más que eso— agregó Brinzal, mientras se despedía de sus últimos recuerdos con Lucía.

4. El impostor

La tormenta había pasado, debido a la increíble cantidad de agua que cayó, ocurrieron inundaciones y deslaves que dejaron enterradas a algunas madrigueras humanas. Los reinos animal y vegetal lo celebraron como una victoria. La Madre Naturaleza había tomado cartas en el asunto. Eso le dio un respiro al bosque, un respiro y mucha humedad.

El consejo de guerra se reunió, Brinzal, ahora uno de los árboles de mayor tamaño, era un líder de la resistencia junto con Tercian, Savia y otros pinos más. —Aprovechemos este momentáneo cese de sus actividades, ¡produzcamos semillas y ataquemos con las reservas que nos queden! —propuso Tercian—. Bien sabes que las semillas tardarán muchos años en desarrollarse, hasta ahora solo hemos producido las que nos han resultado indispensables para evitar la extinción, vuelve al ritmo antiguo y atraerás su atención más que nunca —discutió Savia—. Debemos centrarnos en sanar las heridas, la tormenta también dañó a algunos de los nuestros, destruyó madrigueras de nuestros aliados, sanar y fortalecernos —finalizó Savia.

—Hacer... nada, ¿ese es tu sabio consejo? ¡Hacer nada mientras el enemigo está en nuestras puertas!— explotó Tercian. Un par de lobos desnutridos les miraban con preocupación.

—La anciana tiene razón —interrumpió Brinzal—. No tenemos la capacidad de pelear ahora mismo, tampoco podemos exigir a nuestras fuerzas y aliados que peleen cuando sus propias familias necesitan sustento. Por ahora es mejor esperar. —El pino tuvo dificultad para compartir una sensación de calma a través de la consciencia compartida.

—Tal vez yo pueda ayudar —se escuchó una voz en el aire. Los pinos compartieron una sensación de desconcierto, de confusión. Esa voz no era parte de la mente compartida, tampoco eran los aliados animales, ¿un nuevo enemigo? —Ustedes se han visto beneficiados por las micorrizas, ¿lo recuerdan? Esa red del subsuelo que los conecta, ayuda a asimilar y repartir recursos, y también ha sido responsable de esa conexión comunitaria que tanto les ha ayudado. Las micorrizas son hongos, yo también soy un hongo y puedo ayudarles. La voz sonaba mientras un polvo se dejaba ver entre los haces de luz solar que se filtraban en el bosque.

Savia, mirándolo con desconfianza, preguntó: ¿Quién eres extraño?

—Mis amigos me llaman Circino, así como sus micorrizas, soy un hongo y me he asociado con pinos de todo el mundo. Permítanme entrar en su comunidad, yo les ayudaré a sanar sus heridas. He estado por todo el mundo, desde suelos lejanos llamados California, hasta ecosistemas distantes en Sudáfrica y Japón, yo sé cómo solucionar sus problemas —Los pinos asentían entre ellos, un aliado más en esta lucha, claro que era bienvenido, además, parecía conocer a otras familias de pinos, un guerrero comprobado, un apoyo táctico, pero la anciana Savia no estaba convencida—. No creo que sea el momento de integrar agentes desconocidos... —pero una voz la interrumpió, Tercian seguía embravecido por las continuas negativas y pasividad de Savia—, Déjalo integrarse Savia, vamos, si fuera por tus ideas, esta Tribu se sentaría y echaría raíces —los pinos rieron—. Sea bienvenido, amigo de tierras lejanas —concluyó Tercian y el polvo se desvaneció para unirse a los árboles en la reunión.

Con su nuevo aliado, los pinos continuaron resistiendo, pero el panorama empeoraba, los animales no lograban recuperarse, fueron perseguidos hasta el borde de la extinción. A nivel de piso, ya no se observaban

cachorros de ninguna especie correteando o jugando, las aves tenían más dificultad para anidar y los árboles crecían cada vez más torcidos y delgados. —¡Vaya! Ahora sí que están poniendo esmero en ser desagradables a los humanos —dijo Brinzal, ignorando que los pinos jóvenes ya no podían crecer como los antiguos árboles, su calidad genética se había degradado y esa era la nueva imagen del bosque, un ecosistema corrupto, roto, mutilado. Esos árboles ni siquiera gozaban de la consciencia colectiva, era difícil saber qué pensaban o qué sentían, se les veía aislados y enfermizos.

No tardó mucho tiempo para que los viejos pinos empezaran a enfermarse también. Todos, incluidos aquellos de la Tribu de Los Altos y nuevos pinos deformes, empezaron a presentar síntomas de debilidad. Lloraban. Lloraban lágrimas de resina blanquecina. Los humanos sabían que esa madera no serviría para nada, entonces los dejaban morir en silencio mientras continuaban erradicando a los ejemplares altos, rectos y gruesos, una verdadera misión de exterminio de esos que alguna vez poblaron todo el bosque. Savia, la sanadora, sabía que alguna enfermedad había encontrado su camino al ahora enfermizo bosque, pero ¿cuál? La resina era, comúnmente, muestra de resistencia, de sanación, pero poco tiempo después, los árboles colapsaban, asfixiados sin agua y sin nutrientes, se marchitaban por dentro, quedaban podridos. Savia se sentía confundida, frustrada e impotente.

Una macabra risa se dejó oír entre los cadáveres putrefactos que los humanos retiraban para llevar a un tiradero

5. Lucía

Brinzal —llamó Tercian—, la batalla está perdida, nuestras viejas alianzas están muertas y los hongos ya han dado todo de sí para ayudarnos. Mucho me temo que nosotros somos los siguientes - Brinzal era ya el último ejemplar de Los Altos, se sentía ciego, pues la red de micorrizas estaba tan despedazada que era imposible comunicarse a través de ella, no sabía quiénes sobrevivían, no sabía en dónde se movían los humanos y tampoco gozaba de la increíble altura del viejo Altiplán.

—Tercian, amigo... —La motosierra comenzó a escucharse en las cercanías, ¿por quién vendrían? Como un ciego buscando alrededor, Brinzal hizo el mayor esfuerzo por percibir lo que le rodeaba. Ahí, ahí estaba un humano, con su máquina de colmillos afilados,

caminaba directamente hacia él. La cara del salvaje estaba tapada y un sombrero de cuero le cubría del sol abrasador. En el bosque, se pudo escuchar cómo la máquina se aceleró y al momento en que rozó la corteza, Brinzal exclamó con toda su alma. —¡Espera!, ¡espera! —La máquina se detuvo. Brinzal sollozaba dentro de sí, tenía miedo, tenía pequeños frutos en sus ramas que aún no habían abierto para liberar sus semillas. El salvaje se acercó lentamente, removi6 su guante de piel de jabalí, piel de los viejos aliados en las manos de estos salvajes. La mano acarici6 la corteza herida de Brinzal. —¿Arbolito? —Las ramas de Brinzal se estremecían, pero pudo encontrar el valor de responder ¿Lucía?

Lucía se quitó su sombrero, dejó caer su cabello castaño, se quitó un paliacate de su rostro y Brinzal volvió a ver esos ojos y ese rostro que tan amigables le parecieron años atrás. —Lucía, ¿qué has hecho?, ¿en qué te convertiste? —preguntó Brinzal sin esperar una respuesta que le satisficiera. Ella tampoco supo qué responder, solo arrojó la motosierra por un lado y lo abrazó —Brinzal, yo creí que... —Ella no podía terminar ni una frase, no estaba preparada para ese diálogo. A lo lejos, un grito se escuchó, urgiendo a Lucía para iniciar a derribar el árbol. Ella, de rodillas, no respondió y negó con la cabeza —Yo creía que todo estaba en mi mente, arbolito —le dijo mientras las primeras lágrimas empezaban a correr por sus mejillas. Era un rostro desgastado por los años, no reflejaba la misma inocencia y ternura de antes, ahora cargaba con preocupaciones y problemas de una persona adulta, la cachorra ya no era una cachorra.

—¿Qué creías que estaba en tu mente Lucía? —preguntó Brinzal — ¿La conexión que teníamos? ¿Los buenos momentos que pasaste en el bosque? ¿Las tardes sin fin que pasamos aquí? ¿Los animales con los que conviviste? ¿Qué de todo eso te pareció falso Lucía? —Brinzal también entristecía mientras revivía todas esas memorias con ella, la cachorra a la que incluso Altiplán, que conocía el corazón e intenciones de los humanos, llegó a apreciar —Yo... —ella seguía de rodillas abrazada al árbol —supongo que olvidé... y ahora —miró a su alrededor para ver que ese sitio, su lugar de juegos favorito, ahora era un páramo de muerte, enfermedad y deterioro. Ahí, rodeada de árboles deformes, delgados, enanos e infestados de resina, se sintió vacía y triste—. ¿Cómo llegamos a esto?

—Lu, ¿cuánto más vas a tardar para...? Ah, por todos los dioses —exclamó Marco, su compañero del aserradero, cuando la vio abrazando al árbol— Lu, por favor,

tú eres la única razón por la que ese árbol en particular no ha sido talado — Lucía seguía en la misma posición esforzándose por escuchar la historia de Brinzal, el sufrimiento de sus familiares, los sacrificios, la pérdida de los aliados, especie tras especie, camada tras camada, Marco seguía hablando — ...Así que, por favor, si no lo harás tú, lo haré yo, pero quiero irme a cenar temprano hoy.

Aun llorando, Lucía se separó de Brinzal —Arbolito, no podré evitar que lo hagan, pero te llevo conmigo — dijo, apretando un objeto con ambas manos en su pecho — ¿Lu? —preguntó Marco intrigado. Ella se levantó y se retiró. Marco la acompañó de vuelta al campamento maderero. Claro que después volvió otro equipo y derribaron a Brinzal, el último miembro de Los Altos cayó, su cuerpo fue troceado y llevado al aserradero, su corteza fue separada, el resto fue dividido principalmente en tablas y vigas, despedazado y sus residuos cortados y clasificados como palos de escoba, barrotes, leña y aserrín. Era buena madera, los colaboradores estaban impresionados con la calidad —¡Ojalá hubieran más de estos! Ya queda puro chaparro y torcido —dijeron entre risas los obreros. Lucía observaba sentada, con sus manos juntas sobre sus piernas, sólo derramó un par de lágrimas antes de llamarlo a él — Una llamada a esta persona y las cosas cambiarían —se dijo.

De vuelta en el bosque, la vieja Savia lloraba la muerte de Brinzal, pero sus lágrimas eran de resina, una resina blanca. Llevaba ya tiempo tratando de sanar de este mal, pero le había sido imposible. Ahora podía sentir el final acercándose, la tribu de Los Altos se había extinguido, el resto de los árboles se había enfermado, la red de micorrizas estaba fragmentada y solo podía escuchar a Circino reír desde sus adentros —Tuviste razón todo el tiempo. —Circino nunca fue un aliado, fue un oportunista, un hongo pat6geno que buscaba infectar a los pinos de esta región —dijiste que tus amigos te llaman Circino, ¿quiénes son tus amigos? —preguntó la vieja sanadora con sus últimos alientos que le sabían a podredumbre. El hongo, con un tono cínico, explicó: —Bueno, no te podría decir que tengo amigos, verás... todos ellos están muertos. En cualquier caso, tú nunca fuiste una amiga, así que puedes decirme *Fusarium circinatum*, cancro resinoso del pino —la sanadora de la Tribu sonrió ligeramente—. Hice lo correcto al aconsejar que te rechazáramos.

—¿Tú? No lograste nada, y ahora tu cuerpo me servirá para infectar a todos quienes te rodean, semillas, brinzales, árboles jóvenes, adultos, da lo mismo, son míos

—la voz sonaba con más fuerza—. No importa qué especies de pinos lleguen en un futuro ni cuánto tarden, yo esperaré, en los suelos, en restos de tejido putrefacto, aquí estaré, este es tu legado —La vieja Savia rió y replicó: —Altiplán nos dijo, la vida, encontrará la forma, y así lo hará —la anciana pino sucumbió.

6. Una ruta de escape

A la mañana siguiente de la muerte de Savia, un equipo subió nuevamente al... ¿podemos seguirle llamando “bosque”? Se corría el rumor de que el aserradero ya no era rentable, las tablas salían muy pequeñas y no se lograban vender a buen precio, ¡el negocio no podía sobrevivir vendiendo palos de escoba! Culpa, por supuesto, de esos tontos pinos que habían dejado de crecer bonitos, ya sabes, rectos, altos, gruesos, con pocas ramas. ¡Ahora todos son enanos, chuecos y ramudos! Y si alguno llega a crecer relativamente bien, ¡está enfermo! Terrible, ¡ay destino qué cruel has sido con esta gente trabajadora!

Esos comentarios y rumores se mencionaban y se discutían en el grupo. Todos los salvajes se posicionaron alrededor de Tercian, el último de los viejos líderes. Estuvieron lo bastante cerca para que él pudiera percibirles, pero esta vez había algo diferente. Un hombre lideraba al grupo, llevaba un chaleco de campo, sombrero y gafas, su bigote y cabello eran plateados, “el Profesor Verdelio”, el Amigo de Bosques, le llamaban sus acompañantes.

—Aquí la idea es reconocer cuáles son los mejores ejemplares dentro de los que aún permanecen. Normalmente queremos cortar los mejores árboles para la venta, pero eso hace que dejemos los pinos más feos y esos árboles se reproduzcan teniendo descendencia parecida y, poco a poco... —el hombre miró alrededor sugiriendo que el deterioro del bosque era consecuencia del mal uso que se le daba.

Lucía, que acompañaba al grupo, se arrodilló junto a Tercian, removió su guante y tocó su corteza —Lucía —dijo Tercian, pero Lucía no parecía reaccionar, se limitaba a acariciar la corteza del árbol. El Amigo de Bosques la observó, removió su guante y también tocó la corteza, —¡Verdelio! —intentó Tercian. El hombre mostró sorpresa, pero se limitó a prestar atención—, Profe Verdelio, hagamos un trato —dijo Tercian. El hombre no podía creer lo que estaba ocurriendo, pero sin duda lo disfrutó, miró rápidamente a Lucía quien entendió lo que acontecía. Ella sonrió con aprobación

y acarició la espalda del hombre de cabello plateado. Tercian pudo compartir su historia, pero el Amigo de Bosques explicó que él venía a dar su mejor opinión sobre la situación y no podía hacer mucho más.

—Profesor, si no hay alguien que nos ayude, pronto estaremos extintos. Yo Tercian, soy el guardián de las generaciones, mi trabajo es cuidar que las semillas prosperen —explicó el pino—. Por favor, llévate a nuestra herencia a otro lugar, un sitio donde puedan progresar y recuperar la gloria de la vieja Tribu Los Altos, no permitas que esto termine aquí —rogó Tercian. El hombre de gafas miró a Lucía quien, por un instante, pudo leer su mente.

—Yo... yo misma he recuperado semillas de los pinos más sobresalientes que llegaron al aserradero, escuché los comentarios de los compañeros y las he guardado —dijo ella con emoción, sus ojos brillaron como lo hicieron en aquél momento con Brinzal —y también... —sacó un fruto de pino de un bolsillo que llevaba junto a su pecho— tengo aquí un fruto de mi más querido pino, Brinzal. —Verdelio se conmovió por el gesto—. Por favor —suplicó Tercian.

—¿Entiendes lo que pides? No existe un sitio en el mundo donde los pinos puedan crecer sin ser aprovechados de alguna manera, ya no lo hay, Tercian —explicó el hombre mientras se ajustaba las gafas—, si ahora les llevo, iniciaremos un cultivo donde prosperen, sí, donde les cuidemos, sí, pero donde ustedes también se sacrifiquen por nosotros, el mundo funciona así ahora. Sería un trato extraño para ustedes, solo ganarían al perder sus vidas —Tercian miró a la distancia, por un momento pudo ver a Altiplán, su líder, a Savia, la sanadora de pinos, a Brinzal, a los aliados animales corriendo entre el antiguo bosque y respondió al profesor—. La vida encontrará la forma, como dijo un amigo elocuentemente. Llévate nuestro legado, que esta alianza asegure nuestra perpetuidad.

El grupo de humanos, que se había dispersado para observar los alrededores, se reunió nuevamente cuando el Amigo de Bosques les llamó—¡Señores! El deterioro de este sitio es claro y también es una lástima que tanto recurso se esté perdiendo. Fuimos tomando lo mejor y dejando lo peor. Por eso ahora tenemos que hacer un esfuerzo inverso, el trabajo será duro, pero lograremos recuperar las mejores características de los pinos sobrevivientes y eso sólo se puede hacer... recolectando semilla —indicó. Aprovechando las recolectas de Lucía y esfuerzos constantes del equipo,

lograron encontrar ejemplares que se destacaron por resistir a la infección por *Fusarium circinatum*, cuyo porte aún era ejemplar, fustes rectos, rápido crecimiento, precocidad, aún había rastros, vestigios, de la tribu Los Altos. Estos árboles donaron sus semillas con la esperanza de que el nuevo grupo de silvicultores liderados por Verdellio les reubicara en otro lugar, un sitio seguro donde sobrevivirían y se encontrarían en alianza con los humanos, en mutuo respeto, la promesa de un santuario llamado huerto semillero. Naturalmente, los pinos no podían moverse o migrar con ellos, los donantes de semillas se quedaron, hicieron todo lo posible por sobrevivir a pesar del humano, del suelo apisonado y de las enfermedades.

7. Un nuevo amanecer

En ese momento, antes del primer resplandor del día, el aire gélido de las montañas se movía con fiereza sin encontrar ningún obstáculo en su camino. La frialdad de la noche dejaba heladas las piedras desnudas llevándose consigo la poca humedad que lograba depositarse en peñas, hierbas y el endurecido suelo. Ningún animal se aventuraba a salir en estas condiciones o quizá no quedaba ninguno en absoluto, solo algunas alimañas ponzoñosas se asomaban para recibir un nuevo día. En el horizonte, el resplandor del sol destelló echando de menos al viejo ecosistema. En su lugar, ahora sólo sobrevivía un potrero con un par de cabezas de ganado desnutrido comiendo hierbas. Algunos pinos enanos y delgaduchos adornaban las colinas, cual si fueran elementos de una vieja colección, ahora deteriorada por el uso y el tiempo. El aserradero estaba clausurado, su techo se caía a pedazos, arrancado quizá por el viento que corría sin resistencia. Los salvajes habían migrado. Aquí, todos perdimos.



Referencias

Comisión Nacional Forestal. (2025) *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell. México. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/08%20Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os/Gu%C3%A-Das%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os/Fusarium%20circinatum.%20Version%20corta.pdf>

Drenkhan, R., Ganley, B., Martín García, J., Vahalík, P., Adamson, K., Adamčíková, K., Ahumada, R., Blank, L., Bragança, H., Capretti, P., Cleary, M., Cornejo, C., Davydenko, K., Diez, J. J., Lehtijärvi, H. T. D., Dvořák, M., Enderle, R., Fourie, G., Georgieva, M., ... Mullett, M. S. (2020). Global Geographic Distribution and Host Range of *Fusarium circinatum*, the Causal Agent of Pine Pitch Canker. *Forests*, 11(7), 724. <https://doi.org/10.3390/f11070724>

Dyshko, V., Hilszczańska, D., Davydenko, K., Matić, S., Moser, W. K., Borowik, P. & Oszako, T. (2024). An Overview of Mycorrhiza in Pines: Research, Species, and Applications. *Plants*, 13(4), 506. <https://doi.org/10.3390/plants13040506>

Flores Flores, C., López Upton, J. & Valencia Manzo, S. (2014). Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencias y progenies. Comisión Nacional Forestal. México. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/oManual%20Te%CC%81cnico%20para%20el%20Establecimiento%20de%20Ensayos.pdf>

Paredes García, D. M., Ramírez Bautista, A. & Martínez Morales, M. Á. (2011). Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(2), 689-700. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v82n2/v82n2a26.pdf>

Sánchez Rosales, B., Velasco García, M. V., Hernández Hernández, A., Gómez Cárdenas, M. & López Teloxa, L. C. (2025). Genetic Parameters and Family Selection of *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* Through Growth and Stem Quality in Mixteca Oaxaqueña Region, Mexico. *Forests*, 16(6), 959. <https://doi.org/10.3390/f16060959>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). El regreso del lobo mexicano. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/el-regreso-del-lobo-mexicano>

Tiwari, B., Taruna & Sharma, H. (2025). Genomic Improvement and Conservation of Tropical and Subtropical Pines. En A.A. Elias, Y. Ramasamy (eds.) *Genomics Based Approaches for Tropical Tree Improvement and Conservation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4616-6_10



Mientras peor sea el mundo, es más necesario el arte:

Martin Lebel

El maestro Martin Lebel nos recibió en la Sala de Conciertos Tlaqná, de la Universidad Veracruzana. Luego del ensayo, el director de la Orquesta Sinfónica de Xalapa habló para *Pregones de Ciencia* de aspectos diversos como la apreciación musical en México y Latinoamérica, sobre el acercamiento del público a la música clásica, qué hace un director de orquesta, la tecnología y la IA; pero, sobre todo, acerca de la necesidad de la música en la actualidad mundial.

Editora: La primera pregunta es, ¿qué hace un director de orquesta? Digo, para quienes no sabemos, ¿cómo explicaría qué es y qué hace un director de orquesta?

Mtro. Martin Lebel: El director de orquesta debe conocer bien la partitura que va a dirigir, en una obra, por ejemplo, de Mozart, debe estudiar, saber en qué contexto está escrita la obra, qué estilo de música es, cómo se debe tocar. Después el director, durante los ensayos con los músicos, debe indicar una manera de tocar que sea la misma para todos los músicos, y que depende mucho del estilo que él quiera intentar lograr. Aquí lo interesante es que los músicos son todos de un nivel profesional: en la orquesta, saben tocar y no necesitan instrucciones.

Se trata de dar coherencia, que todos toquen en la misma sintonía, la misma idea.

Después viene el concierto. En el concierto, el director debe dar indicaciones con sus manos y también con sus ojos, es para ayudar a la orquesta a lograr el carácter y el ritmo de la música; de eso se trata.

Editora: ¿Cómo preparan un programa? Ustedes cómo eligen el programa en el sentido de: ¿estudian al público, piden opiniones? ¿Cómo logran seleccionar esas piezas?

Mtro. Martin Lebel: Es muy complicado, porque hay muchos elementos a considerar, hay muchos aspectos. Por ejemplo, una orquesta como la Orquesta Sinfónica de Xalapa (OSX) tiene la obligación, el deber, de hacer una orquesta de música mexicana; sería muy raro que durante un semestre no se toque música mexicana o música moderna. Yo, antes de hacer la programación, hago una lista de las cosas y requisitos a tomar en cuenta: música mexicana, música moderna, música





contemporánea, música escrita por una mujer, música de varios países como Francia, Italia, Rusia, Alemania; y hay que incluir también el estilo popular para mantener el interés del público, como Michael Jackson y cosas así...

Editora: Películas también.

Mtro. Martín Lebel: Películas, conciertos didácticos dirigidos a niñas y niños, así como escuelas... Entonces al final es una lista enorme, y el reto es proponer un programa con misión y lógica; pero sin olvidar los parámetros que he mencionado, así lo intentamos hacer.

Editora: Como un equilibrio para los diferentes gustos, pero además necesidades, como esto de visibilizar mujeres compositoras.

Mtro. Martín Lebel: Mujeres pianistas, “mujeres directores” de orquesta; “directores” porque en el pasado casi todos los directores eran hombres, pero en nuestra época han cambiado las cosas, hay muchas “mujeres directores”, entonces, hay que equilibrar también este aspecto.

Editora: Usted mencionó los conciertos didácticos, ¿qué retos tienen?, ¿cuáles son las estrategias para acercar a públicos?, ¿cómo se enseña a apreciar la música?

Mtro. Martín Lebel: Es compleja esta pregunta porque ya hay varios tipos de didáctico, puede ser de niños de 6, 7, 8 años o puede ser por estudiantes, y se llama *didáctico* en los dos casos, pero el contenido no es el mismo.

Nos adaptamos al público que vamos a tener.

Si son niños muy pequeños, es interesante que ellos aprendan qué instrumento tocar, y también contar una historia divertida, por ejemplo. Estas cosas pueden ser atractivas para un niño. A veces hacemos conciertos didácticos con actores o con marionetas. Una vez hicimos “Pedro y el lobo” con marionetas: ¡y los niños encantados!, que le tienen miedo al lobo, que están contentos, etcétera. Pero también es didáctico si es para las personas de la universidad, allí se habla de otras cosas, por ejemplo la orquestación, o de aspectos más sutiles que pueden interesar a los estudiantes más grandes.

Editora: Desde su experiencia, ¿cuál ha sido el público con más retos para un concierto didáctico? ¿Tiene alguna anécdota?

Mtro. Martín Lebel: Es difícil para mí de decir, porque cada concierto didáctico es muy agradable, los niños de aquí, en Xalapa, son muy buen público... No hay mucho ruido... Me sorprende porque en Francia es muy caótico, no sé por qué, pero me parece que los niños de aquí son un poco “más educados”. No sé. Aquí jamás hemos necesitado dar la instrucción de que escuchen la música porque los niños hagan ruido.



Editora: ¿Digamos que hay cierta cultura de la apreciación musical en las infancias?

Mtro. Martin Lebel: No pienso que sea eso. Pienso que es más por cómo es la escuela, parece que tiene que ver cuando el maestro o la maestra dice “silencio”... Probablemente funciona mejor aquí que en Francia.

Editora: Maestro, en este mundo tan caótico, tan violento, de tantas vulnerabilidades, ¿qué aporta la OSX cada viernes ofrecernos un concierto?

Mtro. Martin Lebel: Mientras peor sea el mundo, más necesario es tener arte, y también tener cosas que dan un poco de esperanza, la música da mucha esperanza y también los músicos; la manera de ser de los músicos, esta manera de enseñar al público que viene, de que los músicos luchan por un resultado muy brillante artísticamente, le dice algo importante a la sociedad. Pensemos que cien personas están en el mismo lugar, como puede ser la orquesta en el escenario, y probablemente en esas cien personas

hay de todas las opiniones políticas, hay de todas las religiones, pero cuando están juntas dan el mismo resultado, es simbólicamente muy fuerte.

Eso significa la posibilidad, de nosotros los humanos, de estar juntos, con retos comunes, y a pesar de ser muy diferentes en cuanto a religión, política... Estoy seguro que eso pasa en esta orquesta... Desconozco las opiniones porque no las quiero saber, pero es evidente que hay de todo, y sin embargo, las personas olvidan todo esto para lograr un resultado musical.

Editora: Un objetivo común. Bueno, usted decía que el director revisa el contexto histórico de las obras, pero eso el público no lo ve como tal. Mi pregunta sería: ¿podemos decir que hay conocimiento en la música?, ¿podemos transmitir conocimiento?

Mtro. Martin Lebel: No, eso no importa tanto para el público. Pienso que para el público lo más importante es compartir una emoción de la música. Un aspecto bueno de la música es que no necesita mucha educación. Es increíble ver que la música es el único arte que, hasta cierto punto, puede ser compartida con todos, por todas las personas, porque por diversos medios, gente de todas las edades pueden emocionarse con y por la música. Esto es un aspecto positivo y no creo que debemos intentar otra cosa, no estamos aquí para educar al público ni para enseñar música, no. Entre nosotros sí, los músicos y yo podemos trabajar por entender lo que hacemos y hacerlo bien, pero al público, la única cosa que le quiero transmitir es la emoción musical, punto. No estamos aquí para enseñar, ser como profesores con estudiantes, solo en los didácticos.

En el concierto de los viernes tocamos por transmitir una emoción y que las personas que vienen se sientan mejor después.

Editora: En una entrevista usted dijo que había personas que se le acercaban y le decían que se sentían mejor después del concierto, esa retroalimentación del público ¿usted cómo la toma?

Mtro. Martin Lebel: Es muy impresionante, me conmueve mucho, porque necesitamos eso, un *feedback*, es decir, la retroalimentación, es muy importante para nosotros, es muy estimulante.

Editora: Y en su opinión, en este momento, ¿cómo es el acercamiento de la juventud con la música clásica?

Mtro. Martín Lebel: Sabes, estoy impresionado de México, sobre todo de que los jóvenes están muy interesados por la música clásica, mucho más que en Europa. En Europa parece que el problema es que muchos jóvenes no se identifican con la música clásica, lo ven un poco como cosa de los viejos o de los burgueses; pero aquí hay muchos jóvenes, incluso dentro de la orquesta. Entonces pienso que hay una educación en México, probablemente en todo Sudamérica, porque en Venezuela también tienen una buena educación en este aspecto; esto ayuda a los jóvenes a sentirse identificados con la música clásica, no es una música lejana. Por supuesto hay muchas excepciones, no es un hecho, pero es un camino.

Editora: Observar el contexto del que vienen, si escuchan música clásica en sus casas y desde la primaria; sería interesante explorarlo. Pero, en cuanto a los jóvenes, destaca el esfuerzo que hace la Universidad Veracruzana para la formación, por ejemplo, con los programas de AFEL o de “Ven a la cultura” que invita a las y los estudiantes de las diferentes facultades a que vengan a los conciertos.

Mtro. Martín Lebel: Por ejemplo, en Venezuela hay proyectos que incluyen a los niños, muy jóvenes; y yo estoy sorprendido de las orquestas de Venezuela, están llenas de jóvenes porque para ellos no hay diferencia entre “clásico” y “no clásico”, para ellos es la misma cosa desde los 5 años o 6 años de edad. Más o menos es igual aquí, pienso que es común en todo el mundo latinoamericano, es una característica positiva. Y lo comparo con Europa, no conozco todos los lugares, pero en Europa es más un cliché que la música clásica no es para los jóvenes.

Editora: ¿Usted da clases?

Mtro. Martín Lebel: No, no tengo tiempo. Yo tengo mi vida totalmente llena con mi actividad aquí, pero lo he hecho en el pasado.

Editora: ¿Y le gustó?

Mtro. Martín Lebel: Mucho, mucho, pero fue hace veinte años.

Editora: Usted habló de música contemporánea en el sentido de música académica, pero ¿escucha música popular? ¿Escucha el *pop*, lo que se está produciendo?

Mtro. Martín Lebel: Sí escucho, pero por placer, solo por placer porque no es muy útil por el trabajo, pero por placer sí, puedo escuchar otras músicas, soy muy abierto a las otras músicas.

Editora: ¿Qué fue lo último que escuchó?

Mtro. Martín Lebel: Lo último: canciones francesas, bonitas canciones francesas. Además, en mi carro, todos los días cuando vengo, tengo una estación de radio, no sé cuáles, pero transmite canciones mexicanas, y todos los días escucho un poco eso, me gusta. Pero también así puedo

aprender palabras en español, intento entender, es más difícil cuando una persona canta, entonces es el reto, pero escucho muchas canciones mexicanas.

Editora: Bueno, para finalizar, desde su perspectiva como creador, como adulto, como persona que trabaja con el arte ¿qué les diría a los jóvenes que están frente a tanta tecnología? En particular en cuanto a la inteligencia artificial, ¿cuáles son sus reflexiones?

Mtro. Martín Lebel: Mi reflexión es que no hay que estar a favor o en contra, porque es un hecho. Hay muchas cosas en la historia de la humanidad donde nadie nos pregunta si nos gusta o no, son un hecho.

Entonces hay que saber utilizar la tecnología de manera inteligente, hay que utilizarla y no ser utilizados por ella.

No sé si me explico... No debemos hacerle caso a una *app*, debemos tener siempre control de nuestra conciencia: es el riesgo que me preocupa. Pero pienso que todos estamos preocupados que se pierda un poco el control personal de cada uno, nos preocupa hacer las cosas con conciencia y no sentirnos presionados por cosas como la Inteligencia Artificial. Hay que utilizarla, sí, pero es cierto que la Inteligencia Artificial no es realmente genial, puede ser inteligente pero no genial. Al final la IA siempre está imitándonos, pero nosotros estamos inventando cosas por nuestras personalidades. Ahora, no sé, pero creo que tenemos un paso adelante de la IA.

Editora: Esto me recuerda conciertos donde han puesto a un robot a dirigir a una orquesta, eso es visualmente muy atractivo.

Mtro. Martín Lebel: Es divertido, pero no es interesante, no tiene ningún interés.

¿Quién quiere hacer el amor con un robot? Porque puede ser perfecto el robot, pero si no hay alma no es interesante, puede ser perfecto, cumplir exactamente todas las fantasías de la persona, pero no, al final no hay alma.

Cuando estoy dirigiendo la orquesta transmito mi alma y recibo el alma de las personas que están frente de mí.

No me preocupan los robots directores, porque no tienen alma, por lo tanto, no son interesantes; son divertidos para el público que puede decir “Es increíble que un robot pueda dirigir una orquesta”; pero una vez que la experiencia se ha hecho, punto, para la basura el robot.

El robot no puede transmitir emoción.

Nota:

Video del concierto didáctico Pedro y el lobo, disponible en esta [liga](#).





LAS PERSONAS NO DESAPARECEN, LAS DESPARECEN

El cartel como dispositivo social

José Manuel Morelos Villegas

La desaparición de personas es un tema profundamente grave y complejo que involucra aspectos de orden humano, social, político, jurídico e histórico, que afecta a las víctimas, a los familiares y amigos y a la sociedad en su conjunto. No importa la razón: toda desaparición es fuente de angustia y pesar. Debe interesarnos a todas y todos, por empatía, porque parte de lo que nos hace humanos es la capacidad de comprender y compartir los sentimientos de los otros.

Pero no basta con ser empáticos si no somos también solidarios en el sentido de adherirnos, con nuestras herramientas y alcances, a una causa o labor que contribuya al máximo posible al alivio, afirmando el derecho a la vida y a la integridad física y psicológica, el derecho a la libertad y seguridad personal y el derecho de las familias a conocer la verdad.

Como universitarios, es importante que formemos conciencia crítica y expandamos la sensibilidad, y que seamos, como institución, un espacio para aprender, pero también para escuchar, reflexionar, cuestionar y transformar. Y para proteger la vida y nunca permanecer indiferentes frente al dolor ajeno.

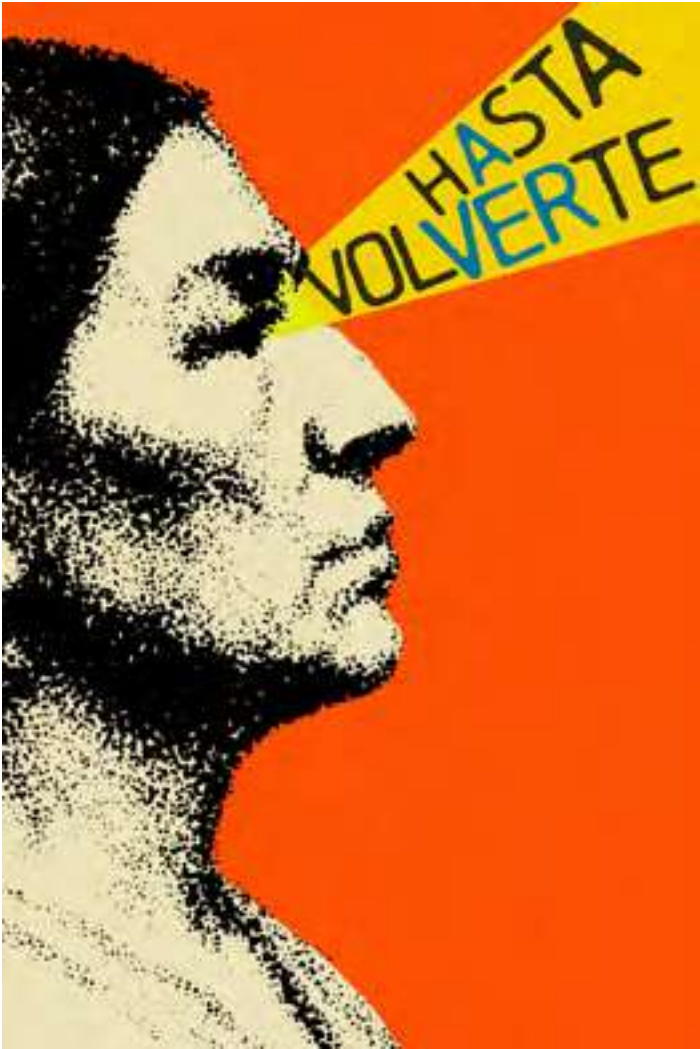
Por todo ello, nos sumamos a la doctora Astrid Adriana Pozos Barcelata, coordinadora del Programa Universitario para la Atención de Problemáticas de Desaparición de Personas e Identificación Humana de la Universidad Veracruzana, quien invitó a los alumnos de la 5a generación de la Especialización en Diseño de Cartel, que alberga el Instituto de Artes Plásticas que me honro en dirigir, a realizar carteles e infografías sobre el tema.

Receptivos, con disposición, afinidad y vocación, participaron:

Oriana Justa Ávila Moreno, Guadalupe Bautista Domínguez, Ricardo Javier Guzmán García, Ismael Gabriel Rubio, Yahaira Rodríguez Márquez, Daniela Grimaldo del Moral, Sergio Julián Frías Montoya, Eugenio Alberto Nava Flores, Karla Lizette Rosales García, María Teresa González Domínguez, Pedro Domínguez Aguilar y Astrid Amira Sánchez.



2



3



4

Portada: Sergio Julián Frías Montoya
2: Astrid Amira Sánchez
3: Oriana Justa Ávila Moreno
4: Yahaira Rodríguez Márquez

- 5. Ismael Gabriel Rubio
- 6. Eugenio Alberto Nava Flores
- 7. Karla Lizzette Rosales García



5



6



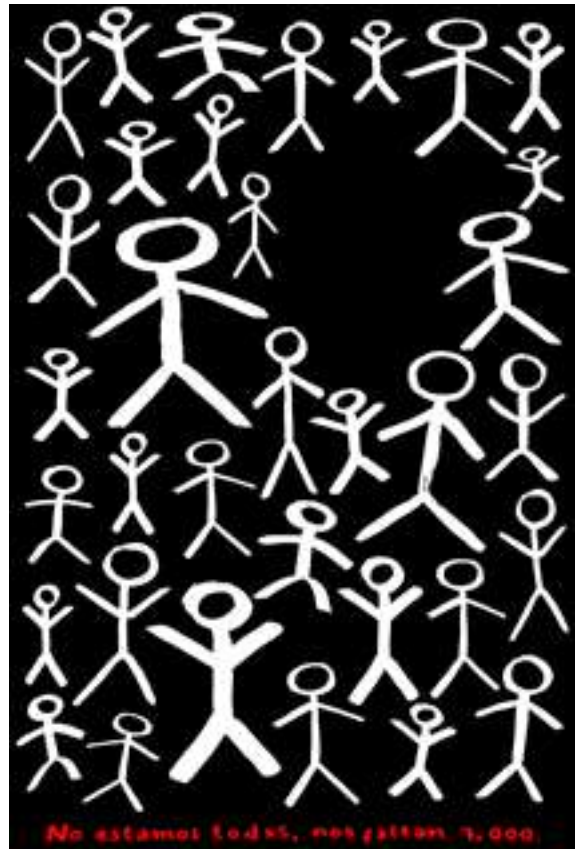
7



8



10



9



11

8: Guadalupe Bautista Domínguez

9: Ricardo Javier Guzmán García

10: Daniela Grimaldo del Moral

11: Pedro Domínguez Aguilar

Contraportada: Ricardo Javier Guzmán García



Directorio

1. Macrófagos: células que deciden tu destino inmune

Ángel Ramos Ligonio
LADISER Inmunología y Biología Molecular
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Veracruzana
angramos@uv.mx

Anahí Sosa Arróniz
Doctorado en Ciencias Biomédicas
Centro de Investigaciones Biomédicas
Universidad Veracruzana
LADISER Inmunología y Biología Molecular
Facultad de Ciencias Químicas

Aracely López Monteon
Doctorado en Ciencias Biomédicas
Centro de Investigaciones Biomédicas
Universidad Veracruzana

2. De la conducta disruptiva hacia grandes aprendizajes

María Liliana del Río Galván
Doctorado en Investigación Psicológica
en Educación Inclusiva
Universidad Veracruzana
galvanliliana251188@gmail.com

3. Rojo vivo: cuando la naturaleza y la ciencia conciben color

Abril Ramírez Higuera
Instituto de Ciencias Básicas
Universidad Veracruzana
abriramirez@uv.mx

4. Tenebrio molitor: ¿Puede un insecto revolucionar la nutrición avícola?

Jocelyn Gómez Prado
Maestría en Ciencias Agropecuarias
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
2252801631@alumnos.xoc.uam.mx

Esmeralda Mónica Peña González
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Alejandra Caballero Zamora
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco

José Antonio Martínez García
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco

5. Más allá de los bochornos: la salud mental durante la menopausia

Juan Francisco Rodríguez Landa
Facultad de Psicología
Universidad Veracruzana
juarodriguez@uv.mx

Pastor Alejandro Díaz Cancela
Facultad de Psicología
Universidad Veracruzana

6. Aptitudes sobresalientes, género y familia: una combinación decisiva en la educación

Arcelia Esperanza Padrón González
Facultad de Psicología
Universidad Veracruzana
arpadron87@gmail.com

Rossanna Bigurra de la Hoz
Facultad de Psicología
Universidad Veracruzana

7. Poco ruido y muchas nueces: las pupas y su impresionante capacidad para cambiar sigilosamente

Jesús García Salazar
Facultad de Psicología
Universidad Nacional Autónoma de México
garcia.salazar.jj@gmail.com

Zyanya Mayoral Peña
Facultad de Psicología
Universidad Nacional Autónoma de México

Rodolfo Bernal Gamboa
Facultad de Psicología
Universidad Nacional Autónoma de México

8. Larvas en el menú: enemigos ocultos o aliados inesperados

Sofía Reyna Fernández
Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos
Universidad Veracruzana
srf.reyna@gmail.com

Oscar García Barradas
Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos
Universidad Veracruzana

Maribel Jiménez Fernández
Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos
Universidad Veracruzana

9. In Tahtolpatalis o la traducción de mundos

Gibránn Becerra Álvarez
Facultad de Antropología
Universidad Veracruzana
gbecerra@uv.mx

10. Campos electromagnéticos: el océano invisible que nos cura y nos preocupa

Jesús Antonio Lara Reyes
Instituto de Investigaciones Cerebrales
Universidad Veracruzana
jeanlare@gmail.com

Fausto Rojas Duran
Instituto de Investigaciones Cerebrales
Universidad Veracruzana

11. Si tuvieras fe como una semilla de orquídea...

José Martín Barreda Castillo
Instituto de Ecología A. C.
jose.barreda@posgrado.ecologia.edu.mx

Rebeca Alicia Menchaca García
Centro de Investigaciones Tropicales
Universidad Veracruzana

12. Antes de la caída: Un bosque sin futuro

Eduardo Hernández Hernández
Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Veracruzana
hernandez23@ueh.edu.mx

Guillermo Rodríguez Rivas
Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Veracruzana

Jesús Dorantes López
Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Veracruzana

Christian Hernández Hernández
Editorial Científica "Mesófilo"

Adarely Y. Salas Sánchez
Estudiante de la Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Veracruzana

Marycruz Álvarez Jiménez
Doctorado del Instituto de Ecología, A. C.

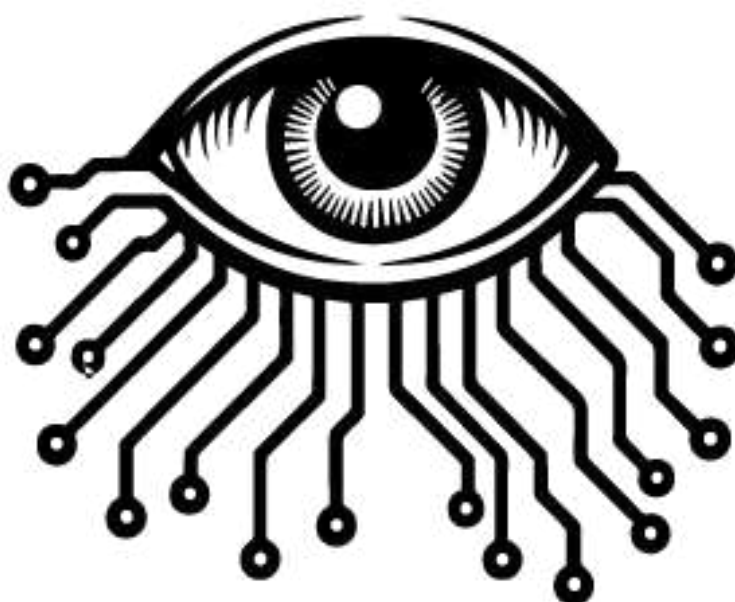
13. Mientras peor sea el mundo, es más necesario el arte: Martin Lebel

Entrevista a Martin Lebel
Director de la Orquesta Sinfónica de Xalapa

14. El cartel como dispositivo social

José Manuel Morelos Villegas
Instituto de Artes Plásticas

En portada, Ensayo transversal, de José Manuel Morelos Villegas.
Collage digital y fotografía, 2025, Xalapa, Ver.



Pregones de Ciencia. Por una cultura científica común / Revista multidisciplinaria de ciencia y arte, No. 8, una publicación semestral enero-junio de 2026, editada por la Dirección General de Investigaciones, Universidad Veracruzana. Es distribuida por la Coordinación de Gestión y Divulgación de la Investigación de la misma Dirección General, en acceso abierto, totalmente gratuito y sin publicidad. Esta revista utiliza fuentes Adobe Fonts con licencia a nombre de la Universidad Veracruzana. Las imágenes, ilustraciones y otros elementos gráficos son propiedad de sus respectivos autores o fuentes, y se utilizan con fines académicos y divulgativos. Todos los derechos y responsabilidades de los contenidos de esta revista pertenecen a las y los autores. Esta revista se adhiere a los principios éticos y de calidad de la Asociación de Revistas Científicas de México (ARCEM) y del Comité de Ética de Publicaciones (COPE). Los artículos enviados a esta revista se someten a un proceso de evaluación por pares doble ciego, lo que garantiza el anonimato y la imparcialidad de los evaluadores. Esta revista se financia con recursos propios de la Universidad Veracruzana. Para más información visita nuestra página <https://pregonesdeciencia.uv.mx/> Escríbenos a pregonesdeciencia@uv.mx, teléfono: 228 8418900, ext. 13114. Dirección: Dr. Luis Castelazo Ayala, Industrial Las Ánimas, C.P. 91193 Xalapa de Enríquez, Veracruz de Ignacio de la Llave, México. Esta revista se terminó de editar y publicar en enero de 2026.

