

# REVISTA C+Tec

Divulgar para Transformar

NÚMERO 5



NÚMERO 5



DICIEMBRE · 2025

# EDITORIAL

## GOBERNADOR

### **Alfredo Ramírez Bedolla**

Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo

## GABINETE LEGAL

### **Elias Ibarra Torres**

Secretario de Gobierno

### **Luis Navarro García**

Secretario de Finanzas y Administración

### **Claudio Méndez Fernández**

Secretario de Desarrollo Económico

### **José Alfredo Ortega Reyes**

Secretario de Seguridad Pública

### **Roberto E. Monroy García**

Secretario de Turismo

### **Alejandro Méndez López**

Secretario del Medio Ambiente

### **Gladiz Butanda Macías**

Secretaria de Desarrollo Urbano y Movilidad

### **Belinda Iturbide Diaz**

Secretaria de Salud

### **Cuauhtémoc Ramírez Romero**

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

### **Rogelio Zarazúa Sánchez**

Secretario de Comunicaciones Obras Públicas

### **Gabriela Desireé Molina Aguilar**

Secretaria de Educación

### **Tamara Sosa Alanis**

Secretaria de Cultura

### **Giuliana Bugarini Torres**

Secretaria de Bienestar

### **Maria Teresa Mora Covarubias**

Secretaria del Migrante

### **Sandra Carolina Rangel Gracida**

Secretaria de Igualdad Sustantiva y Desarrollo de las Mujeres Michoacanas

### **Azucena Marín Correa**

Secretaria de Contraloría

## GABINETE AMPUADO

### **Dáleth Villavicencio Sánchez**

Coordinación General de Comunicación Social

Hoy, nos complace presentarles el Número 5 de la Revista C+Tec "Divulgar para Transformar" del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán (ICTI), en el que se abordan temas tan diversos como el origen cósmico de la vida o el aprendizaje inmersivo, hasta la leña como fuente de energía.

A través de estos textos de divulgación, reafirmamos el compromiso de acercar el conocimiento a toda la población, reconociendo el derecho humano a la ciencia, para el bien común, la sostenibilidad y la justicia.

La construcción de una sociedad empática y resiliente requiere de la ciencia como un elemento insertado en nuestra cultura, pero también como ese ingrediente que permite formar una ciudadanía crítica. Esto no podría lograrse sin el compromiso de la propia comunidad científica que quiere transformar a través de las palabras. Agradecemos a las y los autores de los textos, por compartir su conocimiento en textos asequibles y de interés general.

De igual forma, presentamos la Revista C+Tec KIDS, que en este número contiene actividades que atraparán a nuestras infancias y fomentarán su proceso creativo como las moléculas de la vida, la acetilcolina, o los secretos cuánticos del chocolate.

En el ICTI hemos buscado que prevalezca el rigor científico al momento de la selección de los textos y del proceso editorial. Como resultado de ello, actualmente la revista está indexada en diferentes bases de datos nacionales e internacionales, que le permiten una mayor visibilidad.

Estamos convencidos que disfrutarán leer y aprender con estos textos.

**¡Con Ciencia y Tecnología Michoacán es mejor!**

**Dra. Alejandra Ochoa Zarzosa**

Directora General

# **EDITORIAL**

## **EQUIPO EDITORIAL**

### **DIRECTORA DE LA REVISTA**

Alejandra Ochoa Zarzosa

### **EDITORIA**

Paola Jiménez Alcántar

### **COMITÉ EDITORIAL**

Markevich Maazel Olivera Mora

Omar Jaimes Brito

Anel García Gómez

Francisco Miguel Ayala Arias

Araceli Morales Hernández

Esperanza Meléndez Herrera

Martín Alonso Lerma Herrera

Marisol Báez Magaña

Adrián Gómez Baltazar

### **MAQUETACIÓN Y DISEÑO**

Eduardo Armenta Quijada

### **DISEÑO, DESARROLLO Y ADMINISTRADOR DEL SITIO WEB**

Mauricio Octavio Domínguez González



## **Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación**

GOBIERNO DE MICHOACÁN



## INFORMACIÓN LEGAL

---

REVISTA C+TEC, DIVULGAR PARA TRANSFORMAR, año 3 no. 5, julio-diciembre 2025, es una Publicación semestral editada por el INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO, Calzada Juárez No. 1446, Col. Villa Universidad, Morelia, C.P. 58060, Tel. (443) 324-8607, <https://ctecicti.com/index.php/CTec/index>, ctec.icti@gmail.com. Editor responsable: Paola Jiménez Alcántar. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2025-021418434800-102, ISSN:2992-8737, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Vinculación Interinstitucional, Lic. Mauricio Octavio Domínguez González, Calzada Juárez No. 1446, Col. Villa Universidad, C.P. 58060, fecha de última modificación, 17 de diciembre de 2025.

# ÍNDICE

<b>SECCIÓN DIVULGACIÓN CONCIENCIA</b>	<b>7</b>
SOMOS POLVO DE ESTRELLAS: EL ORIGEN CÓSMICO DE LA VIDA	8
¡INCREÍBLE PERO CIERTO! LAS PLANTAS Y LOS AJOLETES COMPARTEN ALGUNAS SORPRENDENTES SIMILITUDES	16
MICROPLÁSTICOS EN SUELOS AGRÍCOLAS	22
INSECTOS BIOINDICADORES: PEQUEÑOS PERO PODEROSOS GUARDIANES DEL MEDIO AMBIENTE	28
LACTOSUERO: MÁS QUE UN DESECHO, UNA FUENTE DE PÉPTIDOS BIOACTIVOS	34
EL PIRUL: UN ÁRBOL CON PASADO TRADICIONAL Y FUTURO PROMETEDOR	40
¿NIÑOS PROGRAMADORES? VENTAJAS Y RETOS DE ENSEÑAR CÓDIGO DESDE PEQUEÑOS	46
LA LEÑA: ENERGÍA NATURAL DE NUESTROS BOSQUES	52
CULTIVOS INTELIGENTES: SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA DE AIRE PARA OPTIMIZAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y EL DISEÑO INVERNADEROS	60
¿PUEDE LA TECNOLOGÍA LLEVAR A MICHOACÁN HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE?	66
EN CAMINO A UNA DIETA ÓPTIMA PARA LA RANA TORO	72
IMPORTANCIA DEL MAÍZ CRIOLLO Y SU APORTE NUTRIMENTAL EN OCAMPO, MICHOACÁN	78
APRENDIZAJE INMERSIVO, INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL AULA	86
VIVIR BIEN EN AMÉRICA LATINA: EL RETO DE CONSTRUIR FUTURO SIN DESTRUIR EL PRESENTE	94
DE LA IDEA A LA REALIDAD: EL VIAJE DEL DISEÑO MECÁNICO	100
LOS GUERREROS INVISIBLES QUE TE CUIDAN DE UN RESFRIADO: TU SISTEMA INMUNOLÓGICO EN ACCIÓN	106
<b>REVISTA C+TEC KIDS</b>	<b>112</b>
LAS MOLÉCULAS DE LA VIDA	114
EL MOHO: CUANDO LA COMIDA SE PONE PELUDA	118
ACETILCOLINA: EL SUPERHÉROE DEL CEREBRO QUE NOS AYUDA A RECORDAR	122
¿POR QUÉ ESTORNUDO CUANDO VEO EL SOL? SEGÚN LAS MATEMÁTICAS UN CUENTO DE LUZ, GENES Y NÚMEROS CURIOSOS	128
EQUIPO ECO-SOLIDARIO: ¡A SALVAR NUESTRA ESCUELA!	132
EL VIAJE DE REBE: UNA IDEA PARA CAMBIAR EL MUNDO	136
SECRETOS CUÁNTICOS CON CHOCOLATE, POR FAVOR...	140
UN ÁRBOL TRISTE Y UN ÁRBOL FELIZ: CÓMO RESOLVER PROBLEMAS	146



# Divulgación ConCiencia



## **Somos polvo de estrellas: el origen cósmico de la vida**

Jesús Miguel Jáquez-Domínguez<sup>1</sup>, Marcela Sofía Vaca-Sánchez<sup>2</sup>, Luis Manuel Jáquez-Domínguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Radioastronomía y Astrofísica, UNAM.

<sup>2</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM. <sup>3</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Contacto: jaquez.miguel24@gmail.com



## Resumen

Desde tiempos antiguos, la humanidad ha observado el cielo preguntándose por su origen y el de la vida. Hoy sabemos que los elementos esenciales —como el carbono, oxígeno y nitrógeno— se formaron en el interior de las estrellas. Somos, en esencia, polvo de estrellas. Este artículo explora cómo estos astros funcionan como hornos cósmicos que forjan los ingredientes fundamentales de la vida, y cómo este legado permitió el surgimiento de organismos en nuestro planeta.

**Palabras clave:** estrellas, nucleosíntesis, vida, química.

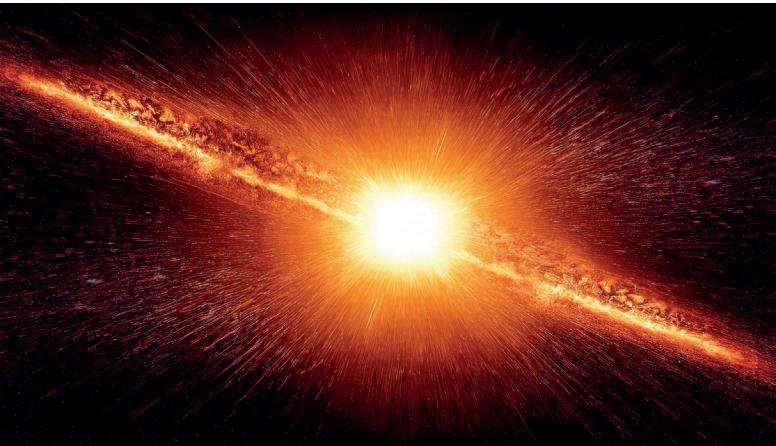
# Las estrellas: hornos cósmicos de elementos

Los elementos químicos necesarios para la vida se formaron, en su mayoría, dentro de las estrellas. Estas nacen cuando nubes densas de gas -principalmente hidrógeno- colapsan por gravedad. En su centro, la temperatura alcanza cerca de diez millones de grados Celsius, lo que permite la fusión de átomos de hidrógeno en helio, liberando enormes cantidades de energía y encendiendo así la nueva estrella. (Fig. 1)



**Figura 1.** Recreación artística de una nube molecular: regiones donde se forman las estrellas. Imagen: Adobe Firefly.

A medida que la estrella evoluciona, en su núcleo se acumulan los elementos más pesados, lo que aumenta la temperatura. Cuando se alcanzan temperaturas de cien millones de grados, el helio comienza a fusionarse para formar carbono y oxígeno. En estrellas con masas más grandes que la de nuestro Sol, estos elementos, más pesados que el helio, se hunden hacia el centro y desencadenan nuevas reacciones que producen átomos más complejos: neón, sodio, magnesio, silicio, azufre y calcio. Este ciclo de fusiones continúa, produciendo elementos cada vez más pesados, hasta que se forma un núcleo de hierro. La fusión de elementos hasta el hierro libera energía, pero intentar fusionar hierro en elementos más pesados la consume, lo que provoca el colapso de la estrella. Ese colapso desencadena la supernova, una explosión tan violenta que en sus instantes más extremos se forjan los elementos más pesados que el hierro –como el oro, la plata o el yodo– mediante procesos de captura rápida de neutrones (proceso-r). Así, prácticamente todos los elementos de la tabla periódica, desde el oxígeno que respiramos hasta los metales preciosos, tienen su origen en las estrellas y en su muerte, mostrando cómo estos hornos cósmicos hicieron posible la vida tal como la conocemos [1]. (Fig. 2)



**Figura 2.** Recreación artística de la explosión de una estrella y el lanzamiento de elementos químicos al universo. Imagen: Adobe Firefly.

Aunque la muerte de una estrella pueda parecer una tragedia cósmica, en realidad marca el comienzo de un nuevo ciclo de creación. Durante esta etapa final, las capas exteriores se enfrian lo suficiente para que los átomos puedan unirse y formen moléculas. Al explotar, la estrella arroja estos átomos y moléculas al espacio, donde se mezclan con el hidrógeno primordial y enriquecen las nubes que formarán nuevas estrellas con elementos pesados y compuestos químicos complejos. Nuestro Sol es un ejemplo de una estrella que nació de las cenizas de otras estrellas ya que su atmósfera contiene fracciones significativas de elementos más pesados que el hidrógeno y el helio [1].

## Polvo de estrellas

Este material enriquecido se mezcló con la nebulosa primordial a partir de la cual, miles de millones de años después, se formarían nuestro Sol y los planetas del sistema solar mediante el proceso de acreción. Así, los ingredientes para la vida quedaron incorporados desde el inicio en los bloques constitutivos de la Tierra: carbono para nuestras células, oxígeno para respirar, hierro para nuestra sangre y calcio para nuestros huesos. Cada átomo de nuestro cuerpo alguna vez formó parte de una estrella. Por eso, podemos decir que todos somos, literalmente, polvo de estrellas. En los asteroides que viajan alrededor del sistema solar los astrónomos han descubierto que contienen compuestos y moléculas orgánicas que, al incorporarse a los planetas en formación, podrían haber jugado un papel clave en la aparición de la vida en la Tierra [2]. La presencia de moléculas orgánicas complejas en el medio interestelar revela una fascinante evidencia del vínculo entre la muerte de las estrellas y el surgimiento de la vida en la Tierra.

# ¡Comienza la vida!

Con un poco de suerte, el planeta Tierra se formó justo a la distancia perfecta del Sol para tener agua líquida y, con el tiempo, océanos. Esta etapa, llamada Eón Hídico (hace cuatro mil millones de años), fue la más temprana en la historia de la Tierra y estuvo llena de caos. Su nombre viene de Hades, el dios griego del inframundo, porque las condiciones eran infernales: volcanes en erupción, impactos de meteoritos y una atmósfera sin oxígeno, compuesta por metano, amoníaco, vapor de agua y dióxido de carbono. Aun así, en esos océanos turbulentos comenzaron a formarse las primeras moléculas orgánicas o biomoléculas como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, dando los primeros pasos hacia la vida [3]. En la década de 1920, Alexander Oparin y John Haldane, de forma independiente, propusieron la famosa hipótesis de la sopa primordial, que propone que las primeras moléculas orgánicas se habrían formado durante esta etapa geológica de la Tierra; donde océanos jóvenes, ricos en metano, amoníaco, agua y otros compuestos, en combinación con la energía proveniente de rayos, volcanes y radiación solar, pudo dar origen a moléculas más complejas como aminoácidos, nucleótidos y lípidos; siendo los ladrillos esenciales que componen a los seres vivos [4]. Posteriormente, la teoría de la sopa primordial de Oparin y Haldane fue apoyada por el experimento de Miller-Urey en 1953, el cual demostró que es posible sintetizar aminoácidos y otras biomoléculas bajo condiciones que se creían similares a las de la Tierra primitiva.

Hoy, sin embargo, el debate científico ha avanzado y se han propuesto nuevos escenarios para el origen de las biomoléculas. Entre ellos se encuentran las hipótesis que sitúan las primeras reacciones prebióticas en fuentes hidrotermales

submarinas [5], en superficies minerales catalíticas [6] o incluso en entornos extraterrestres como cometas y meteoritos [7]. Estos modelos no contradicen necesariamente la idea de la sopa primordial, sino que la complementan, mostrando que la vida pudo haber surgido a partir de una combinación de procesos químicos en distintos ambientes del joven planeta. (Fig. 3)

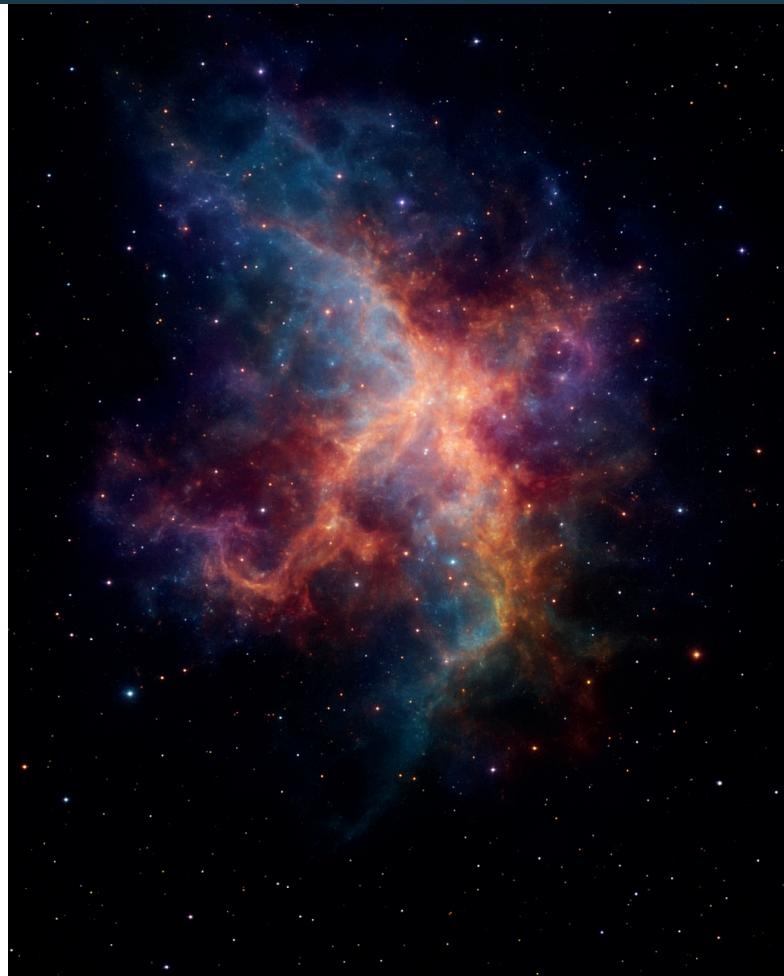


**Figura 3.** Recreación artística de la Tierra primitiva. Imagen: Adobe Firefly.

## De moléculas a células

El siguiente paso hacia la vida fue la formación de estructuras más complejas. Imaginemos los océanos primitivos no como los actuales, sino más bien como una vasta red de charcos cálidos y ricos en nutrientes, llenos de moléculas flotando: azúcares, grasas y los primeros ácidos nucleicos como un Ácido Desoxirribonucleico (ADN) primitivo; los cuales fueron los “manuales de instrucciones” químicos. El ADN funciona como un libro de recetas que guarda toda la información para construir y mantener a los seres vivos. Con el tiempo, algunas de estas moléculas comenzaron a organizarse. Los lípidos (grasas) formaron burbujas microscópicas, que atrapaban en su interior otras moléculas importantes. Dentro de esas burbujas primitivas ocurrió algo revolucionario: aparecieron ácidos nucleicos como el Ácido Ribonucleico (ARN) que resultaron ser extraordinariamente versátiles. A diferencia del ADN (que solo almacena información), el ARN puede hacer ambas cosas: guardar instrucciones genéticas (como una memoria USB biológica) y acelerar reacciones químicas (como una herramienta molecular). Esto lo convirtió en el candidato perfecto para iniciar la vida. Estas moléculas de ARN comenzaron a actuar como manuales de autoensamblaje: podían copiarse a sí mismas y, al mismo tiempo, ayudar a producir otras moléculas necesarias.

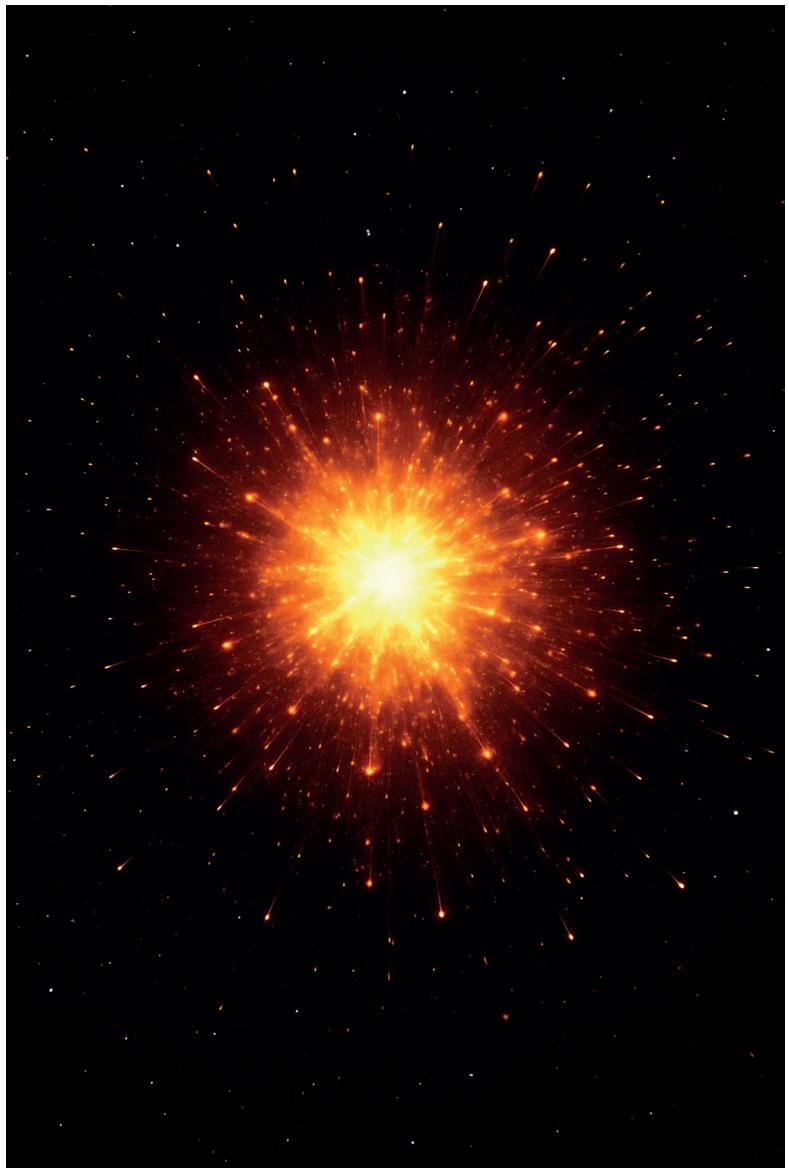
La hipótesis del Mundo de ARN, propuesta por Walter Gilbert en 1986, explica precisamente esto. Sugiere que antes del ADN y las proteínas complejas, el ARN gobernaba la escena biológica primitiva. Pruebas de esto existen hoy: en nuestras células, los ribosomas (fábricas de proteínas) usan ARN para su trabajo, y algunos virus aún emplean ARN como su material genético. Estos serían los fósiles moleculares de esa era primitiva [8]. Las primeras unidades de vida eran estructuras



diminutas, autónomas y rodeadas por membranas. Con el tiempo, evolucionaron en organismos unicelulares más complejos. Los fósiles más antiguos que conocemos son unas estructuras llamadas estromatolitas (capas rocosas formadas por colonias de microbios atrapados en sedimentos, como un arrecife microbiano fosilizado), que tienen unos asombrosos 3.5 mil millones de años [9]. Estas fueron creadas principalmente por cianobacterias -unos microbios azul-verdosos que fueron los primeros en realizar fotosíntesis, liberando oxígeno a la atmósfera y cambiando para siempre el planeta [10]. Este “gran evento de oxigenación” fue como encender el motor de la evolución en la Tierra, permitiendo que eventualmente apareciera la increíble biodiversidad que vemos hoy.

# **Estrellas y vida: preguntas abiertas y nuevos horizontes**

Las estrellas no solo forjaron los elementos que hacen posible la vida, también nos marcan el camino hacia nuevas preguntas. Hoy, diversas disciplinas se unen en esta búsqueda: la química prebiótica recrea en el laboratorio cómo moléculas simples pudieron transformarse en los primeros ladrillos de la vida; la biología molecular estudia organismos primitivos para imaginar cómo eran las primeras formas vivientes; la astrobiología explora planetas y lunas en busca de señales de vida más allá de la Tierra; y la astrofísica investiga cómo se forman en el espacio los ingredientes esenciales para la existencia. A estas exploraciones se suman telescopios de última generación, como el James Webb (JWST), que analiza atmósferas de exoplanetas en busca de huellas químicas, y el ngVLA, que revelará cómo nacen las moléculas orgánicas en el espacio. Cada avance abre una ventana hacia lo desconocido y nos acerca a responder una de las preguntas más profundas: ¿estamos solos en el universo? El futuro de la investigación promete no solo desvelar el origen de la vida, sino también recordarnos nuestra pertenencia a un ciclo cósmico grandioso, en el que las estrellas son las narradoras de la historia de la existencia.



## Referencias bibliográficas

1. Carroll BW, Ostlie DA. An Introduction to Modern Astrophysics. 2nd Edition. San Francisco: Addison-Wesley; 2006.
2. Glavin DP, Dworkin JP, Alexander CMO, et al. Abundant ammonia and nitrogen-rich soluble organic matter in samples from asteroid (101955) Bennu. *Nature Astronomy*, 2005, 9: pp. 199-210. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41550-024-02472-9>
3. Ruiz-Mirazo K, Briones C, de la Escosura A. Prebiotic Systems Chemistry: New Perspectives for the Origins of Life. *Chemical Reviews*, 2014, 114(1): pp. 285-366. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/cr2004844>
4. Tirard S. Origin of Life and Definition of Life, from Buffon to Oparin. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 2010, 40: pp. 215-220. Disponible en:<https://doi.org/10.1007/s11084-010-9202-5>
5. Baross JA, Hoffman SE. Submarine hydrothermal vents and associated gradient environments as sites for the origin and evolution of life. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 1985, 15(4): pp. 327-345. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01808177>
6. Wächtershäuser G. Pyrite formation, the first energy source for life: a hypothesis. *Systematic and Applied Microbiology*, 1988, 10(3): pp. 207-210. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(88\)80001-8](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(88)80001-8)
7. Wickramasinghe NC, Wickramasinghe J, Napier, W. Comets and the Origin of Life. World Scientific. 2009.
8. Higgs PG, Lehman N. The RNA World: Molecular Cooperation at the Origins of Life. *Nature Reviews Genetics*, 2015, 16(1): pp. 7-17. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nrg3841>
9. Bosak T, Knoll AH, Petroff AP. The meaning of stromatolites. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2013, 41(1): pp. 21-44. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105327>
10. Ostrander CM, Johnson AC, Anbar, A. D. Earth's first redox revolution. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2021, 49(1), 337-366. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-072020-055249>



## **¡Increíble pero cierto! Las plantas y los ajolotes comparten algunas sorprendentes similitudes**

Magali Ruiz Rivas<sup>1</sup>, Diana Gutiérrez Esquivel<sup>2</sup>,  
Lorena Jacqueline Gómez Godínez<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Campo Experimental Uruapan, Michoacán, <sup>2</sup>Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología; Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México,

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG).

\*Contacto: gomez.lorena@inifap.gob.mx



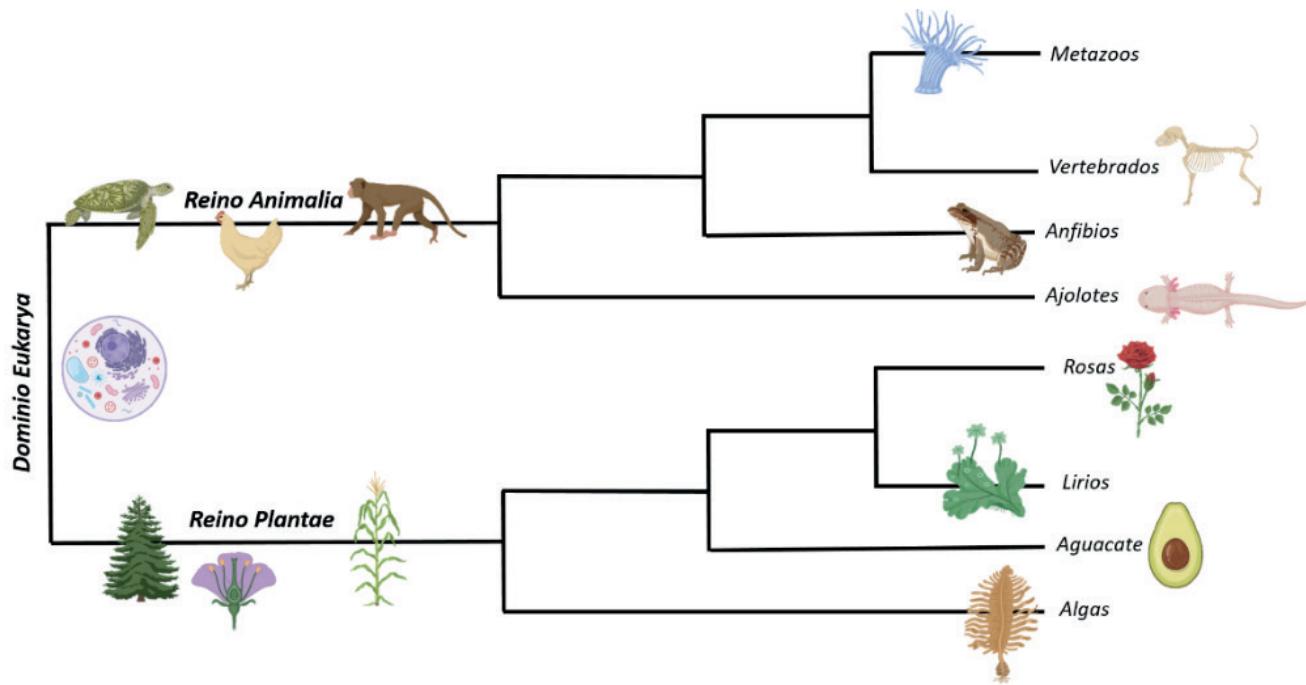
Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

¡Qué interesante comparación! Aunque a simple vista los ajolotes que conocemos por los billetes recientes de cincuenta pesos y las plantas que vemos en nuestras casas parecen no tener nada en común, ya que sus características físicas son completamente distintas, en realidad ambos comparten un mecanismo fascinante: la capacidad de regenerar tejidos a partir de células. Esta sorprendente similitud entre el reino animal y el vegetal nos muestra cómo la naturaleza reutiliza mecanismos biológicos para adaptarse, sobrevivir y sanar. Tanto en ajolotes como en plantas, la regeneración celular es clave para enfrentar daños y continuar desarrollándose.

**Palabras clave:** Biotecnología, regeneración, propagación clonal, fitoreguladores

Aunque a simple vista los ajolotes y las plantas parecen no tener nada en común, en realidad ambos pertenecen al mismo dominio biológico, pero a diferentes reinos (Fig. 1).



**Figura 1.** Dominio y reinos donde de los ajolotes y las plantas. Los ajolotes y los aguacates tienen una raíz en común denominada dominio, sin embargo, ambos pertenecen a dos reinos diferentes; Animalia y Plantae. Elaboración propia.

Los ajolotes, por ejemplo, pertenecen al reino Animalia: son animales que pueden moverse y tienen sistemas de órganos especializados para realizar diferentes funciones. Se alimentan de pequeños crustáceos, gusanos e insectos para cubrir sus necesidades nutricionales. Por otro lado, las plantas pertenecen al reino Plantae, aunque también forman parte del mismo dominio, no pueden desplazarse, por lo que permanecen en el lugar donde las sembramos; además, dependen de la luz para crecer y desarrollarse, ya que realizan la fotosíntesis, un proceso que les permite convertir la luz en energía. En la figura 1 se muestra cómo, a pesar de pertenecer al mismo dominio, ajolotes y plantas tienen características muy diferentes. Aunque estas diferencias existen, lo que ambos tienen en común es su increíble capacidad para regenerar tejidos. En el caso de las plantas, esto significa que pueden formar raíces, tallos y hojas, mientras que, en los ajolotes, por ejemplo, pueden regenerar extremidades, ojos e incluso partes del cerebro después de una amputación [1]. Este asombroso proceso es posible gracias a células con características muy especiales capaces de multiplicarse y transformarse en diferentes tipos de tejidos según lo que el organismo necesite.

¿Pero dónde se encuentran estas células en los diferentes organismos? En las plantas, estas células se llaman células totipotenciales. La palabra proviene del latín: "totus" que significa "todo" o "completo", y "potens" que significa "poderoso" o "capaz". Esto refleja la asombrosa capacidad de estas células para convertirse en cualquier otro tipo de célula. ¡Pueden ser lo que quieran ser! Por ejemplo, a partir de células en el tallo, pueden convertirse en hojas o raíces si es necesario [2], e incluso, en condiciones específicas, generar una planta completa. Esto se logra usando fitohormonas, que son las hormonas de las plantas, como los enraizadores (auxina). Estas células totipotenciales están presentes en todas las partes de la planta; así que, si cortamos un pedacito de hoja, tallo o rama, ¡podemos generar una nueva planta! Eso sí, se necesitan ciertas condiciones para que esto suceda, pero la ventaja es que estas nuevas plantas tendrán la misma información genética que la planta original. A ese pedacito se le llama "explante". Esta es una forma de reproducción asexual en las plantas, y se utiliza como una herramienta en la Biotecnología para propagar de manera clonal plantas o árboles que pudieran destacar por tener características deseables. Para que quede más claro, imagina que visitas una huerta de aguacate, donde encuentras árboles que han sobrevivido a plagas y enfermedades de forma natural [3], ya que producen moléculas que los protegen de estos ataques, es muy probable que los productores de aguacate quieran tener en sus huertas estos ejemplares resistentes para evitar la pérdida de fruto por plagas.

Pero ¿cómo se logra esto a gran escala sin que se mezclen los genes? La respuesta está en la propagación de clones, es decir, producir de forma masiva copias exactas de esos árboles resistentes.

Para ello, la Biotecnología utiliza la técnica de cultivo *in vitro*, que consiste en cultivar tejidos vegetales en frascos de vidrio (de ahí el término "*in vitro*", que significa "en vidrio"). Gracias a la totipotencia celular, que es la capacidad de las células vegetales de desarrollarse en una planta completa, podemos crear muchas plantas idénticas a la original, asegurando que mantengan esas características deseables. Si bien esta técnica requiere de un laboratorio con protocolos estandarizados y personal especializado, ya se está haciendo realidad en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias del Campo Experimental Uruapan en Michoacán (Fig. 2) (INIFAP C.E. Uruapan, Michoacán).



**Figura 2. Plántulas clonales de aguacate en condiciones *in vitro*.** En la figura de la izquierda se muestra la plántula clonal en un tubo de ensayo colgando de una rama del árbol que le dio origen, en la figura de la derecha se muestran plántulas de aguacate en frascos de vidrio donde se observa la presencia de brotes y hojas. Elaboración propia.



Ahora ya tienes una idea de cómo se propagan los clones de plantas, y es casi seguro que ya conoces la propagación por esquejes, la cual ha sido utilizada durante años por nuestros papás o abuelitos. ¿Quién no conoce los geranios? Son plantas de colores vivos e intensos, que adornan muchos jardines; pues bien, para reproducirlos podemos cortar una "patita" mejor llamada en el mundo técnico agrícola como "esqueje", colocarla en tierra y percatarnos que en pocos días aparecerá una raíz y posteriormente crecerán hojas y tendremos un "clon" o planta idéntica de la planta de la cual cortamos el esqueje, es decir, si cortamos el esqueje de un geranio de flores color rojo, la flor de la planta "clon" será también roja. Ahora bien, en el caso de los ajolotes, ese animalito orgulloso mexicano, sigue siendo un tema muy importante para la comunidad científica, incluso, en esta era de avances en inteligencia artificial, donde la tecnología ha alcanzado niveles muy altos en investigación, sigue siendo un tema clave en la ciencia, ya que su existencia y estudio han ayudado a entender de manera más clara temas relacionados con la evolución, el desarrollo y la regeneración de tejidos. Aunque sería impresionante obtener un ajolotito clonal a partir de una "patita", como se hace con las plantas, en realidad no es posible regenerar un ser completo e idéntico; sin embargo, estos animales sí pueden regenerar extremidades, corazón, médula espinal e incluso partes del cerebro, y lo hacen sin dejar cicatrices permanentes, lo cual es realmente sorprendente. Por suerte, gracias a las leyes de protección animal en México, está estrictamente prohibido extraerlos de su hábitat o lastimarlos, ya que se consideran animales en peligro de extinción. Esto está establecido en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010.

Entonces ¿cómo es que estos animalitos pueden regenerar órganos tan vitales? Bueno, lamento



Imagen generada por Adobe Firefly

informar que este tema aún permanece incierto para la comunidad científica y aún permanece en investigación, pero se tiene la teoría de que mucho tiene que ver con su genética, ya que los ajolotes pueden activar genes específicos cada vez que pierden una extremidad u órgano como corazón o cerebro, para no perder funciones que en otros animales son cruciales para la supervivencia. Es sorprendente pensar que, aunque sus formas y funciones sean tan distintas, tanto los animales como las plantas comparten este mecanismo de regeneración celular, demostrando que la naturaleza siempre encuentra formas asombrosas de mantener la vida y adaptarse a diferentes entornos.

Para concluir, tanto las plantas como los ajolotes nos enseñan una valiosa lección sobre la capacidad de regeneración de la vida. Aunque sus mecanismos son diferentes, ambos ejemplifican cómo la naturaleza ha desarrollado asombrosas estrategias para asegurar la supervivencia y adaptación en un mundo cambiante. La ciencia continúa explorando estos procesos, y con cada descubrimiento, nos acercamos más a comprender los misterios que mantienen la vida en constante renovación.



## Referencias bibliográficas

1. Nowoshilow S, Schloissnig S, Fei JF, Dahl A, Pang AW, Pippel M, and Myers, EW. The giant axolotl genome uncovers the evolution, scaling, and transcriptional control of complex gene loci. *Nature*. 2018, 554 (7690), 50-55. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.2017176118>
2. Su YH, Tang LP, Zhao XY, and Zhang XS. Plant cell totipotency: Insights into cellular reprogramming. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2021, 63(1), 228–243. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jipb.12972>
3. López R, Cortés M, Herbert P, de la Luz J, Vidales I, Fernández S, Chávez A, and Salgado R. Microporpagación y pruebas de resistencia in vitro a Phytophthora cinnamomi de materiales de aguacate raza mexicana. *Proceedings VI World Avocado Congress*. 2007, 978, 1–6. Disponible en: <https://www.avocadosource.com/wac6/es/Extenso/2b-92.pdf>

# oR



## Microplásticos en suelos agrícolas

Emanuel Bojórquez-Quintal<sup>1</sup>, Olimpia Alonso-Pérez <sup>1\*</sup>, Lucie Crespo-Strupkova <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio, El Colegio de Michoacán A.C., <sup>2</sup>Unidad Académica de Estudios Regionales, UNAM Jiquilpan.

\*Contacto: olimpia@colmich.edu.mx



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

Los microplásticos son un tipo de contaminante ambiental. Debido a su pequeño tamaño, están presentes en todas partes: en nuestras casas, ciudades, océanos, ríos, lagos, aire, hielo, nieve, montañas, y suelos, principalmente en aquellos donde se cultivan nuestros alimentos. De hecho, la plasticultura o el uso de plásticos en la agricultura, combinada con malas prácticas agrícolas y estrategias deficientes de gestión de residuos, ha provocado la acumulación de restos plásticos en suelos agrícolas de todo el mundo. La mayoría de los plásticos agrícolas son de un solo uso y pueden permanecer en el suelo al dañarse, descartarse y degradarse a partículas pequeñas llamadas "microplásticos". Estos contaminantes pueden transferirse y acumularse en las cadenas alimentarias, afectando la ecología, la calidad e inocuidad de los alimentos y, potencialmente, la salud humana, debido a su ingestión y acumulación continua en los tejidos de todos los organismos vivos a través del tiempo, proceso que se conoce como bioacumulación de contaminantes.

## Se usan grandotes, pero se vuelven chiquitos

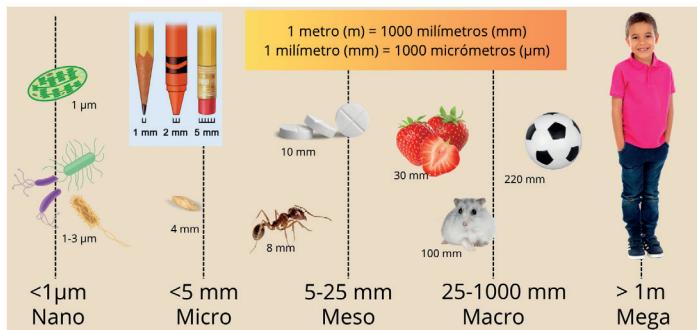
Los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos o semi-sintéticos compuestos principalmente por carbono, hidrógeno, y oxígeno. Entre los plásticos más comunes se encuentra el polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y tereftalato de polietileno (PET). Estos son utilizados en la agricultura o plasticultura por su bajo costo, plasticidad y durabilidad [1].

**Palabras clave:** plásticos, plasticultura, contaminación, impacto ambiental, organismos.

El uso de plástico en la agricultura aumenta el rendimiento y la calidad de los cultivos (alimentos nutritivos y seguros), la producción constante de alimentos en muchas regiones y eficiencia en el uso de recursos como el agua [2]. Si bien el plástico puede ser beneficioso para la agricultura, estos son de un solo uso (10-12 meses) y pueden permanecer en el suelo por mucho tiempo al fragmentarse, dañarse y degradarse en partículas más pequeñas: "los microplásticos". Estos pequeños contaminantes se transfieren y se pueden acumular en seres vivos como lombrices, plantas y frutos, en animales de consumo como gallinas, en mascotas como perros y gatos, y en humanos, lo que pone en peligro a la salud de todos los seres vivos y todo lo que nos rodea [1].

## ¿Qué son los microplásticos? ¿cómo se producen? y ¿cómo los identificamos?

Los microplásticos son partículas muy pequeñas de polímeros orgánicos (plásticos) sólidos e insolubles que tienen un tamaño mayor a 0.001 mm pero menor a 5 mm. Otros plásticos de diferente tamaño son los nanoplásticos, extremadamente pequeños, que son inferiores a 0.001 mm o 1 micrómetro ( $\mu\text{m}$ ); los mesoplásticos tienen un tamaño medio de 5 a 25 mm; por su parte, los macroplásticos son grandes piezas de 25-1000 mm; y los megaplásticos, muy grandes, son de tamaño mayor a 1000 mm o un metro (m) (Fig. 1) [1]. Los microplásticos pueden tener diferentes formas, entre ellas, pueden ser largos y cilíndricos como fibras, o bien, presentar forma de láminas delgadas con superficie amplia como películas, también pueden ser esféricos y granulares como perlas, o tener forma de esponjas como espumas, y finalmente algunos otros pueden tener formas irregulares conocidas como fragmentos [3].



Clasificación de plásticos por tamaño

**Figura 1.** Clasificación de plásticos. Basada en el sistema de clasificación sugerido por el Grupo Mixto de Expertos sobre Aspectos Científicos de la Protección del Medio Ambiente Marino (GESAMP, por sus siglas en inglés *Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection*). Elaboración propia.

Algunos de ellos, son producidos intencionalmente para uso doméstico (detergentes), cosmético (maquillaje y tintes del cabello) y cuidado personal (perfumes, shampoos, exfoliantes y cremas para la piel), son conocidos como microplásticos primarios, tiene forma de microperlas, esferas, pellets y nanopartículas [4]. Los microplásticos secundarios son productos del desgaste y descomposición del uso de megaplásticos y sus derivados. Estos se liberan al medio ambiente por procesos de degradación química producidos por temperatura, agua, oxígeno, ozono, ácidos y luz; por fragmentación física por fuego, agua y fuerzas mecánicas como corte, impacto, y fricción; y por degradación biológica por insectos y microrganismos como bacterias y hongos [1]. Por su tamaño milimétrico (mm) podemos separar

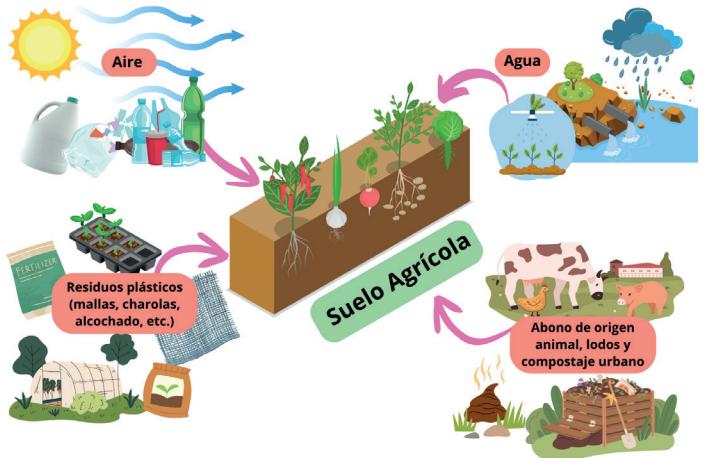


microplásticos por granulometría mediante tamizado; la presencia se puede detectar y clasificar por observación directa con microscopios; y se confirma el tipo de plástico por análisis químicos (Fig. 2).

**Figura 2. Proceso de identificación y análisis de microplásticos en laboratorio.** Elaboración propia.

## ¿Cuáles son las fuentes de microplásticos en los suelos agrícolas?

Según la FAO [1] los suelos son probablemente, los principales depósitos (reservorios) y fuentes de microplásticos; pero ¿cómo llegan estas micropartículas a los suelos agrícolas? Las posibles rutas de entrada y acumulación son las actividades humanas agrícolas y no agrícolas (Fig. 3) [1,3,4]. Algunos ejemplos son: 1) La aplicación de lodos de tratamiento de aguas residuales y compostaje urbano, incluyendo el compostaje de plásticos biodegradables. 2) La descarga de aguas contaminadas y riego con aguas residuales en áreas de cultivo. 3) El uso de abonos de origen animal, como estiércol de granjas. 4) El plástico usado para cubrir suelos agrícolas para aumentar la fertilidad y producción, técnica conocida como acolchado, tiene una vida útil de 12 meses, y su falta de recolección y reciclaje conducen a las 3D: los plásticos se Dañan, se Desgastan y se Descartan. 5) Las películas plásticas y mallas de invernadero, túneles, tubos de riego, líneas de goteo, contenedores, botellas, charolas, bandejas plásticas, bolsas, redes, hilos, material de embalaje, plásticos de protección, y del desgaste de la maquinaria agrícola. Todos estos materiales



**Figura 3. Fuentes de microplásticos en el suelo agrícola.** Elaboración propia.

pasan por Daño, Desgaste, y Descarte. 6) Las semillas recubiertas con películas de polímeros para mejorar la germinación; además de agroquímicos y fertilizantes orgánicos e inorgánicos de liberación lenta recubiertos de polímeros. 7) Los microplásticos sintéticos por uso de detergentes, cosméticos y exfoliantes; además de fibras textiles y pellets transportados por aguas residuales domésticas. 8) El aire que transporta fragmentos, fibras y basura de ciudades, carreteras, vertederos abiertos, las emisiones industriales, urbanas y domésticas como la quema de basura. 9) El transporte de partículas por el agua de lluvia a través de drenajes, canales y ríos. Por ejemplo, microplásticos del desgaste de neumáticos.

## **¿Qué impacto ambiental tienen los plásticos y microplásticos?**

El impacto ambiental depende de su tamaño, forma, diversidad, capacidad de bioacumulación, y puede manifestarse en forma de daños físicos, químicos y biológicos [1,2]. Los daños físicos se relacionan con partículas grandes y pequeñas de plástico a través enredamientos, atrapamientos, acumulación e ingestión. La ingestión de plásticos es involuntaria, se adhieren a la comida animal, son confundidos con presas, son consumidos y se acumulan en los seres vivos. La acumulación en el tracto intestinal de insectos, animales y humanos puede causar bloqueo, perforaciones, alteración del crecimiento, falta de apetito, inflamaciones y la muerte. En suelos, limitan la fertilidad, el movimiento de agua, aire y organismos como lombrices; además de un efecto estético de poca sanidad. Los daños químicos se relacionan con la fabricación de los plásticos, estos pueden contener contaminantes químicos que son liberados al suelo y al agua.

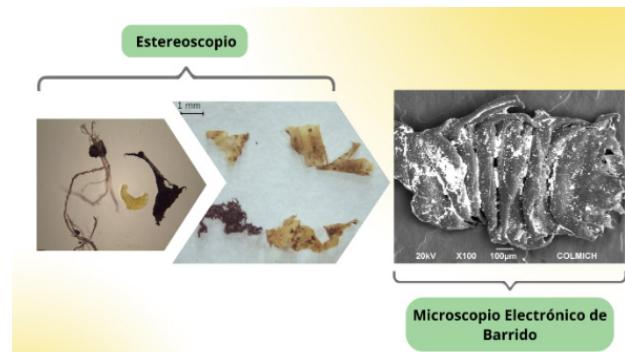
También pueden absorber contaminantes como pesticidas y metales pesados. Al final son un vector de contaminación química y tóxica para el ambiente, cadena alimentaria y salud humana. Los daños biológicos están relacionados con su presencia en alimentos y bioacumulación en células, tejidos y órganos de microorganismos, plantas, animales y humanos, que pueden causar cambios fisiológicos, enfermedades crónicas y muerte. Son vectores de patógenos, su superficie puede albergar microorganismos dañinos. Se han identificado microplásticos en testículos de perros y en humanos [5]. En gallinas de traspasio se ha detectado macro y microplásticos en mollejas y

heces [6]. Los microplásticos afectan los procesos ecológicos y de seguridad de los alimentos por su bioacumulación (presencia en alimentos u organismo vivos), y por la biomagnificación, conocida como el aumento de la concentración de contaminantes a lo largo de la cadena alimentaria.

## **¿Hay microplásticos en suelos agrícolas de Michoacán?**

En Michoacán, la plasticultura emplea PE y PP para el acolchado agrícola, sistemas de riego, invernaderos y túneles; además, realizan prácticas como riego con aguas residuales, cajas de agua, fertilización excesiva y aplicación de abonos; que es combinada con una deficiente gestión de residuos plásticos, degradación de polímeros por uso, escasa recuperación de desechos, y proceso de eliminación mediante quema, trillado y arado de material del acolchado. Esto plantea la hipótesis sobre la presencia de restos macroplásticos en suelos agrícolas, sugiriendo su degradación a microplásticos. En ese sentido, el Laboratorio de Análisis y Diagnóstico de Patrimonio (COLMIC) en colaboración con la Unidad Académica de Estudios Regionales (UNAM) realizan un estudio de la Ocurrencia de Microplásticos en Parcelas Agrícolas (Fig. 3) con la finalidad de determinar si existe contaminación por microplásticos en suelos agrícolas de Michoacán, cuáles son sus características, fuentes, concentración y sus posibles efectos ambientales. En ese sentido, los resultados recientes indican la presencia de microplásticos (Fig. 4) en forma de fragmentos, fibras y películas (films o láminas) en las parcelas agrícolas estudiadas (Michoacán), tanto con uso intensivo y semi intensivo de plásticos como en las parcelas de uso mínimo. La mayor abundancia, se

observó en suelos de agricultura protegida con uso intensivo de acolchado, macrotúneles, mallasombra y sistemas de riego por goteo. Los hallazgos en este estudio podrían servir como base para evaluar los riesgos potenciales medio ambientales, además de impulsar nuevas investigaciones sobre las fuentes subyacentes de contaminación, y derivar en recomendaciones legislativas, para limitar el uso y los residuos plásticos, empleados en la agricultura.



**Figura 4. Ejemplos de microplásticos presentes suelos agrícolas de Michoacán.** Imágenes obtenidas por estereoscopio y microscopía electrónica de barrido (Datos de la investigación COLMIC-UNAM). Elaboración propia.

## Referencias bibliográficas

1. FAO. Assessment of agricultural plastics and their sustainability. A call for action. Rome, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb7856en>
2. Cusworth, SJ, Davies WJ, McAinsh MR, et al. Agricultural fertilisers contribute substantially to microplastic concentrations in UK soils, 2024, Commun Earth Environ, 5, 7. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01172-y>
3. Beni NN, Karimifard S, Gilley J, et al. Higher concentrations of microplastics in runoff from biosolid-amended croplands than manure-amended croplands, 2023, Commun Earth Environ, 4, 42. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00691-y>
4. Okoffo ED, O'Brien S, Ribeiro F, et al. Plastic particles in soil: state of the knowledge on sources, occurrence and distribution, analytical methods and ecological impacts, 2021, Environ. Sci.: Processes Impacts, 23, 240-274. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/D0EM00312C>
5. Hu CJ, Garcia MA, Nihart A, et al. Microplastic presence in dog and human testis and its potential association with sperm count and weights of testis and epididymis, 2024, Toxicol Sci., 200 (2): 235-240. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4716756>
6. Huerta LE, Mendoza Vega J, Ku Quej V, et al. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain, 2017, Sci Rep., 7, 14071. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14588-2>



## **Insectos bioindicadores: Pequeños pero poderosos guardianes del medio ambiente**

Icauri Sofía Prieto Dueñas<sup>1\*</sup>, Pablo Cuevas Reyes<sup>1</sup>,  
Yurixhi Maldonado López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Biología, <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones  
sobre los Recursos Naturales. Universidad Michoacana  
de San Nicolás de Hidalgo.

\*Contacto: [icauriprieto@gmail.com](mailto:icauriprieto@gmail.com)



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

En nuestro planeta, existen diminutas criaturas que patrullan bosques, desiertos y ríos, registrando los cambios en el aire, el suelo y el agua, para resguardar el orden de los ecosistemas. Estos insectos bioindicadores terrestres son los verdaderos centinelas del equilibrio natural en la Tierra que nos recuerdan a los guardianes del espacio – como los que vemos en las películas de ciencia ficción o los satélites de la vida real– que vigilan la galaxia detectando tormentas solares o midiendo la radiación cósmica. De este modo, mientras los guardianes del espacio velan por el universo, los insectos bioindicadores terrestres advierten de los cambios en los ecosistemas recordándonos la urgencia de cuidar nuestro planeta.

**Palabras clave:** Bioindicadores, insectos, cambio climático.



Figura 1. Insectos defensores. Elaboración propia. ChatGPT, OpenIA

Los insectos bioindicadores son aquellos que nos ayudan a conocer el estado de un ecosistema. Su presencia, ausencia o cambios en sus poblaciones funcionan como una señal sobre la salud del ambiente, ya que son muy sensibles a la contaminación y a las alteraciones del entorno. Por sus hábitos de vida, su fácil captura y sus cortos ciclos de vida, estos se convierten en grandes aliados para detectar problemas ambientales [1].

Entre ellos se encuentran animales como las abejas, luciérnagas y escarabajos, los cuales cumplen roles vitales como la polinización de las plantas, el control de plagas y descomponer la materia orgánica. Cuando disminuyen o desaparecen, el equilibrio natural se rompe, provocando que los ciclos naturales se alteren y la biodiversidad se pierda. Observar qué insectos aparecen o desaparecen nos indica lo que ocurre en nuestro planeta. Por eso es importante prestar atención a las señales que nos envían.

Por ejemplo, si un río se contamina con pesticidas o metales pesados, insectos sensibles como las luciérnagas desaparecerán, mientras que especies más resistentes, como las larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.), aumentarán. De esta manera, su estudio nos permite entender mejor el estado de los ecosistemas y tomar medidas para protegerlos [2].

## Los patrulleros del Espacio Verde

Donde los guardianes del espacio luchan incansablemente contra meteoritos, tormentas cósmicas y agujeros negros que amenazan con destruir la armonía del universo, los insectos bioindicadores enfrentan sus propios enemigos igualmente formidables. La deforestación, como

un coloso que arrasa con los bosques que les sirven de hogar; la contaminación, que se derrama como un veneno sobre el aire, el agua y la tierra, alterando su delicado equilibrio; y el cambio climático, una fuerza imparable que transforma su entorno.

Cuando las abejas visitan flores, recolectan néctar y polen, podemos saber que los ecosistemas están funcionando y las plantas son saludables, al brindar suficientes recursos y un equilibrio natural. Si las condiciones son adversas, la abeja melífera europea (*Apis mellifera* (L.)), incansable viajera de los campos, enfrenta diversas amenazas silenciosas: especialmente los pesticidas. Estas sustancias envenenan su delicado equilibrio, nublando su memoria, desorientando su vuelo e incrementando su ausencia. Perdida en un mundo que antes conocía a la perfección, olvida el camino de regreso a su colmena, como un astronauta extraviado en el vasto universo. [3].

En otro importante ecosistema de nuestro planeta: los humedales, las luciérnagas comunes (*Photinus pyralis* L.), iluminan la noche y ayudan a mantener la armonía en su ecosistema. Cuando están presentes, podemos asegurar un buen estado del ambiente. Sin embargo, la contaminación ha alterado gravemente su hábitat con productos químicos y metales pesados, lo que afecta a sus presas y por ende su capacidad de alimentarse adecuadamente. Además, la luz de nuestras ciudades interfiere con su capacidad para comunicarse y encontrar pareja causando que desaparezcan de los humedales y que sus larvas no puedan desarrollarse en estos sitios contaminados [4].



Imagen generada por Adobe Firefly

Por otro lado, los escarabajos son los héroes que trabajan en las sombras. Así como los guardianes del espacio navegan el cosmos en busca de amenazas invisibles, los escarabajos patrullan el suelo bajo nuestros pies, reciclando nutrientes, mejorando la calidad del suelo y controlando plagas, por lo que son conocidos como artesanos del equilibrio natural [5]. Algunos escarabajos peloteros (*Canthon viridis* (Palisot de Beauv.)), son transformadores del suelo: ruedan, entierran y transforman los desechos en nutrientes para el suelo, asegurando que la tierra respire y los ciclos continúen. Cuando las condiciones no son las adecuadas, sus poblaciones disminuyen y sin ellos, el paisaje sería un caos, una acumulación de residuos donde nada podría crecer [6].

## La misión de los insectos: detectando el impacto del cambio climático

El cambio climático, como una tormenta cósmica que sacude un sistema vulnerable, altera el equilibrio de la Tierra, aumentando las temperaturas,

alterando los patrones de lluvia y desestabilizando la biodiversidad, como estrellas que se desintegran en el vacío del espacio. En medio de este caos, los insectos bioindicadores se convierten en los valientes centinelas de nuestro ecosistema, pequeños astronautas que perciben las amenazas invisibles que acechan en la oscuridad [7].

Además, existen otros insectos bioindicadores que están asociados al cambio climático, como las mariposas monarca (*Danaus plexippus* (L.)) que son sensibles a la temperatura, estas alteran sus rutas de migración. Los mosquitos, (*Aedes aegypti* (L.)) también son sensibles a la temperatura, un incremento en esta amplía el rango geográfico de este vector de enfermedades. También los grillos (*Acheta domesticus* L.) son un importante indicador ya que, su canto puede cambiar de frecuencia y ritmo con la variación térmica.

Así, en un mundo lleno de desafíos como el cambio climático y la contaminación, estos pequeños héroes nos recuerdan que incluso lo más diminuto puede tener un impacto gigantesco. Cuidarlos no es solo un favor que les hacemos a ellos; es una forma de cuidar nuestro propio hogar. Al final del día, los insectos bioindicadores nos dejan una gran lección: para proteger el planeta, no siempre hacen falta gestos grandiosos, basta con ser sensibles a los cambios y responder a ellos para advertirnos, como pequeños centinelas, del destino de nuestro planeta.

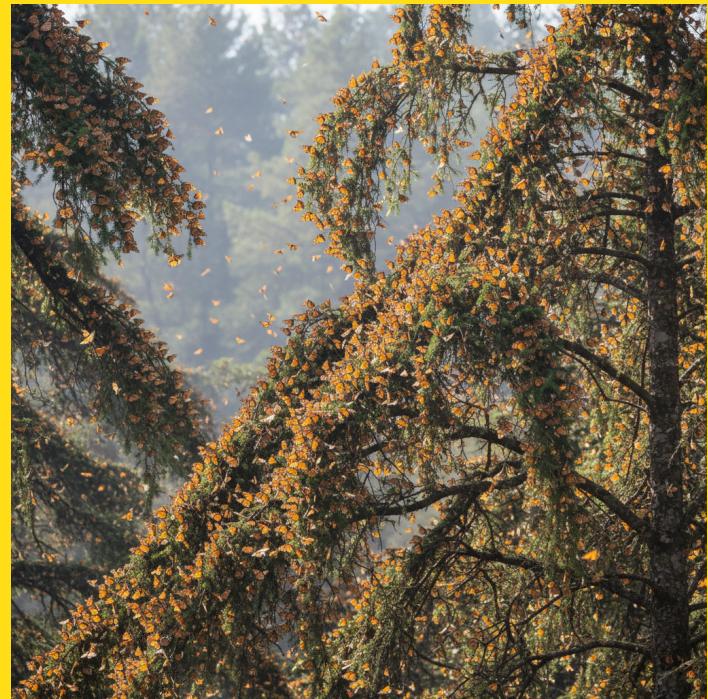


Imagen generada por Adobe Firefly



Imagen generada por Adobe Firefly

## Referencias bibliográficas

1. da Rocha M Jr, de Almeida JR, Lins GA, Durval A. Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. *Holos Environment.* 2010;10(2):250-262. Disponible en: <https://doi.org/10.14295/holos.v10i2.2996>.
2. Parikh G, Rawtani D, Khatri N. Insects as an indicator for environmental pollution. *Environmental Claims Journal.* 2020;33(2):161-181. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10406026.2020.1780698>.
3. Di Fiore C, De Cristofaro A, Nuzzo A, Notardonato I, Ganassi S, lafigliola L, et al. Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons, heavy metals, and plasticizers residues: Role of bees and honey as bioindicators of environmental contamination. *Environmental Science and Pollution Research.* 2023;30(15):44234-44250. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25339-4>.
4. Seri NA, Rahman AA. Application of GIS for monitoring firefly population abundance (*Pteroptyx tener*) and the influence of abiotic factors. *Pertanika Journal of Science & Technology.* 2024;32(6). Disponible en: <https://doi.org/10.47836/pjst.32.6.24>.
5. Rainio J, Niemelä J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation.* 2003;12:487-506. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1022412617568>.
6. Arellano L, Noriega JA, Ortega-Martínez JJ, Rivera JD, Correa CM, Gómez-Cifuentes A, et al. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in grazing lands of the Neotropics: a review of patterns and research trends of taxonomic and functional diversity, and functions. *Frontiers in Ecology and Evolution.* 2023; 11:1084009. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1084009>.
7. Prather CM, Laws AN. Insects as a piece of the puzzle to mitigate global problems: an opportunity for ecologists. *Basic and Applied Ecology.* 2018;26:71-81. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1084009>



## Lactosuero: más que un desecho, una fuente de péptidos bioactivos

José Bryan Rodríguez-López, Manuel Vargas-Ortiz, Jesús Ayala-Zavala\*

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo,  
Laboratorio de Calidad, Autenticidad y Trazabilidad de  
Los Alimentos, Coordinación de Tecnología de  
Alimentos de Origen Animal, México.

\*Contacto: [jayala224@estudiantes.ciad.mx](mailto:jayala224@estudiantes.ciad.mx)



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

A nivel mundial, se estima que para el año 2030 se habrán producido entre 203 y 241 millones de toneladas de lactosuero. Un desecho de la industria quesera que, si no recibe un tratamiento adecuado, puede convertirse en un contaminante del agua por su alto contenido de materia orgánica. Una de las opciones para su aprovechamiento es el uso de estrategias biotecnológicas, como la fermentación ácido láctica, que ha demostrado ser eficaz para transformar este desecho en un ingrediente funcional de alto valor, mediante la producción de péptidos bioactivos. Estos péptidos son fragmentos cortos de proteínas que han demostrado científicamente su capacidad de ayudar en el tratamiento de enfermedades crónicas.

**Palabras clave:** lactosuero, péptidos bioactivos, fermentación, bacterias ácido lácticas.

## Cuando el desecho se vuelve un desafío ambiental y económico

El lactosuero es el líquido amarillo-verdoso que se obtiene después de coagular la leche durante la producción de quesos (Fig. 1). Para la elaboración de queso se utiliza únicamente el 10% del volumen total de la leche procesada, el otro 90% es lactosuero que normalmente se desecha. A pesar de su alto contenido nutricional (agua 93%, lactosa 4-5%, minerales 1%, ácido láctico 0.7%, proteínas 0.5% y grasas 0.3%), la industria quesera no siempre lo considera como una materia prima de alto valor. Como consecuencia, se desecha de forma inadecuada, generando contaminación en cuerpos de agua que favorecen el crecimiento de maleza acuática. Si se intentara darle un tratamiento adecuado recolectándolo como agua residual, los costos serían muy elevados y poco rentables para las pequeñas y medianas queserías de nuestro país, ya que los gastos pueden ir desde \$1,163.40 hasta \$61,333.08 pesos mexicanos por cada metro cúbico de lactosuero tratado [1,2,3].



**Figura 1.** Representación de lactosuero. Imagen generada con inteligencia artificial por ChatGPT 2025.

## Litros que mueven a todo un país

De acuerdo con la Cámara Nacional de Industriales de la Leche [4], en 2023, los productos lácteos en México ocuparon el cuarto lugar del Producto Interno Bruto, lo que significa que este sector es de los que más dinero aportan a nuestro país. A nivel nacional, la leche lista para beber ocupó el primer lugar de producción industrial con 2,720.2 millones de litros, seguida por el yogur, con 769.5 mil toneladas y en tercer sitio, la producción de quesos con 632.8 mil toneladas. Estas cifras reflejan la importancia de promover un crecimiento sostenible en la industria láctea y la necesidad de innovar a través de la investigación aplicada.

# Transformando un desecho en bienestar

La fermentación ácido láctica es un proceso bioquímico en el que participan un tipo de bacterias llamadas bacterias ácido lácticas (BAL), que podemos encontrar de forma natural en leche cruda, frutas, carnes curadas, alimentos fermentados e incluso en el cuerpo humano. Estas BAL transforman los azúcares naturales de los alimentos en ácido láctico. Gracias a este proceso, se obtienen los lácteos fermentados tales como el yogur, kéfir, queso fresco y madurado, mantequilla, entre otros. Sin embargo, los resultados de cada fermentación serán diferentes según la bacteria, materia prima y condiciones del proceso utilizadas [5,6,7].

Las BAL también son capaces de cortar las proteínas de los alimentos en pequeños fragmentos llamados péptidos con potenciales beneficios para nuestra salud. Promoviendo la protección de células del cuerpo, el fortalecimiento de las defensas, el control de la presión arterial y el equilibrio de los niveles de glucosa en sangre. Por este motivo, el lactosuero representa una fuente rica en proteínas (tabla 1) que permite a las BAL realizar su labor fermentativa y producir diferentes tipos de péptidos bioactivos (Fig. 2). Y esto es posible gracias a la diversidad de aminoácidos presentes en sus proteínas, los cuales sirven como fuente de alimento para estas bacterias. Los principales aminoácidos del lactosuero son la metionina, histidina, triptófano, fenilalanina, treonina, isoleucina, leucina y valina [9,10,11].

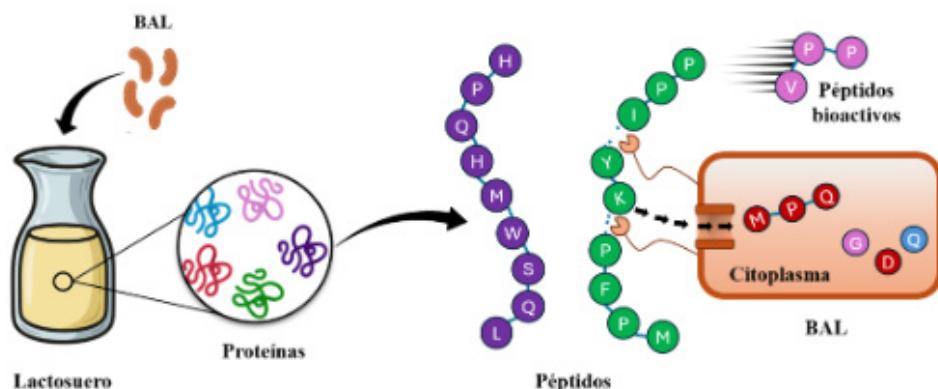
Tabla 1. Proteínas de lactosuero en leche bovina

Proteínas del lactosuero	Concentración (g/L)	Peso molecular (kDa)	Cadena de aminoácidos
β-Lactoglobulina	3.5	18.4- 36.9	162
α -Lactoalbúmina	1.2	14.2	123
Seroalbúmina	0.4	66.4	583
Inmunoglobulinas	0.7	160-1030	Variable
Lactoferrina	0.01-0.35	80	700

Abreviaciones: g/L, gramos de proteínas de lactosuero por cada litro de leche; kDa, unidad de medida en kilodalton.

Información consultada de: [2,10,11].

Figura 2. Transformación de las proteínas del lactosuero a péptidos bioactivos a partir de la fermentación con BAL. Adaptado de: [8].



Algunos investigadores han encontrado a nivel de laboratorio (*in vitro*) que la fermentación con BAL en lactosuero produce péptidos bioactivos que podrían ayudar a prevenir y controlar enfermedades crónicas como la diabetes, presión arterial alta, pérdida de masa y fuerza muscular debido al envejecimiento. Por ejemplo, en la diabetes, estos péptidos podrían ayudar a mantener el equilibrio de la glucosa en sangre y favorecer a nuestro cuerpo para que utilice de manera eficiente la insulina. En el caso de la hipertensión arterial, bloquean proteínas específicas que provocan el aumento de la presión sanguínea, facilitando que nuestro corazón trabaje con menos esfuerzo. Y en cuanto a la pérdida de masa muscular debido a la vejez, los péptidos pueden interferir en las señales que provocan la degradación del tejido muscular [9,12,13,14,15].

Durante la fermentación, los péptidos son recolectados con el objetivo de purificarlos y aislarlos para después incorporarlos en suplementos, bebidas o alimentos funcionales. Pero como en la naturaleza todo tiene sus limitaciones, no todas las BAL son capaces de cortar las proteínas del lactosuero de la misma manera. Cada bacteria produce péptidos con funciones y cantidades diferentes [16]. En este sentido, los estudios que han reportado péptidos bioactivos derivados del lactosuero fermentado con BAL señalan que estos están formados por cadenas de entre 3 a 25 aminoácidos (tabla 2) [12, 13, 14, 15].

<b>Tabla 2.</b> Péptidos y su funcionalidad, obtenidos a partir de la fermentación de lactosuero con BAL.			
BAL	Péptidos Bioactivos	Beneficios a la salud	Referencia
<i>Enterococcus faecalis</i> 2/28	LDAQSAPLR, LKGYGGVSLPEW, LKALPMH, LKGYGGVSLPE, LKPTPEGDLE, ILDKVGINY, LKPTPEGDLEIL	Control de la diabetes, presión arterial y pérdida de masa muscular.	[12]
<i>Streptococcus thermophilus</i> RBC06.	VPP, IPP, HLPLP, IPI		[13]
<i>Limosilactobacillus fermentum</i> KGI24	LDENYQPW, VPCFLAGDFR, QNCDQFEKLGEYGFQNALIVRYTRK, CCAADDKEACFAVEGPK, KCLLLALALTCGAQALIVTQTMK	Control de la presión arterial y el envejecimiento prematuro.	[14]
<i>Lactobacillus gasseri</i> IMI3	FQSEEQQQTEDELQDKIHPEFAQTQS, <del>EQQQTEDELQDKIHPEFAQTQS,</del> <del>QQQTEDELQDKIHPEFAQTQS,</del> <del>QQQTEDELQDKIHPEFAQTQS</del>	Control de la pérdida de masa muscular.	[15]

**Abreviaciones:** **A**, Alanina; **C**, Cisteína; **D**, Ácido aspártico; **E**, Ácido glutámico; **F**, Fenilalanina; **G**, Glicina; **H**, Histidina; **I**, Isoleucina; **K**, Lisina; **L**, Leucina; **M**, Metionina; **N**, Asparagina; **P**, Prolina; **Q**, Glutamina; **R**, Arginina; **S**, Serina; **T**, Treonina; **V**, Valina; **W**, Triptófano; **Y**, Tirosina.

**Figura 2.** Transformación de las proteínas del lactosuero a péptidos bioactivos a partir de la fermentación con BAL. Adaptado de: [8].

## Conclusión

Estos avances en la fermentación de lactosuero con el uso de BAL demuestran alternativas eficaces para el desarrollo de coadyuvantes, como los péptidos bioactivos, que pueden ayudar con el manejo de las complicaciones crónicas de distintas enfermedades. Por lo que su conocimiento abre una nueva área de oportunidad en el aprovechamiento de los nutrientes de este desecho que además de darle un valor agregado, podrían minimizar la dependencia de fármacos en poblaciones vulnerables.

## Referencias bibliográficas

1. Lizárraga-Chaidez M, Mendoza-Sánchez M, Abadía-García L, & García-Pérez J. El inocente impacto ambiental de la leche. EPISTEMUS-Universidad de Sonora, 2023, 17(35): pp. 88- 97. Disponible en: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i35.316>.
2. Malos IG, Ghizdareanu AI, Vidu L, Matei CB, & Pasarin D. The Role of Whey in Functional Microorganism Growth and Metabolite Generation: A Biotechnological Perspective. Foods, 2025, 14(1488): pp. 1-36. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods14091488>.
3. Zandona E, Blažić M, & Jambrak AR. Whey Utilisation: Sustainable Uses and -Environmental Approach. Food Technology and Biotechnology, 2020, 59(2): pp. 147-161. Disponible en: <https://doi.org/10.17113/ftb.59.02.21.6968>.
4. Cámara Nacional de Industriales de la Leche. Compendio de Estadísticas del Sector Lácteo 2013-2023. Ciudad de México: CANILEC, 2023 [Consultado 5 Jul 2025]. Disponible en: <https://n9.cl/yhhhs>.
5. Bamforth, C.W. y Cook, D.J. 2019. Food, fermentation, and micro-organisms. Wiley Blackwell. Segunda edición. Hoboken. ISBN: 978-1-1195-5745-6.
6. Khubber S, Martí-Quijal FJ, Tomasevic I, Remize F, and Barba FJ. Lactic acid fermentation as a useful strategy to recover antimicrobial antioxidant compounds from food and by-products. Current Opinion in Food Science, 2022, 43(1): pp. 189-198. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.11.013>.
7. Zapański A, Sokołowska B, & Bryła M. Role of Lactic Acid Bacteria in Food Preservation and Safety. Foods, 2022, 11(1283): pp. 1-17. Disponible en: [10.3390/foods11091283](https://doi.org/10.3390/foods11091283).
8. Ter ZT, Chang LS, Babji AS, Mohd-Zaini NA, Fazry S, Sarbini SR, Peterbauer CK, & Lim SJ. A review on proteolytic fermentation of dietary protein using lactic acid bacteria for the development of novel proteolytically fermented food. International Journal of Food Science and Technology, 2024. 59(2024): pp. 1213-1236. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16888>.
9. Saubenova M, Oleinikova Y, Rapoport A, Maksimovich S, Yermekbay Z, & Khamedova E. Bioactive peptides derived from whey proteins for health and functional beverages. Fermentation, 2024, 10(359): pp. 2-20. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/fermentation10070359>.
10. Aponte-Colmenares AP, Prieto-Suárez GA, Castellano-Báez YT, Muvdi-Nova CJ, & Yurievich-Sakharov I. Aplicaciones del lactosuero y sus derivados proteínicos. Ciencia en Desarrollo, 2023, 14(2): pp. 139-155. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01217488.v14.n2.2023.15002>.
11. Giblin L, Yalçın AS, Biçim G, Krämer AC, Chen Z, Callanan MJ, Arranz E, & Davies MJ. Whey proteins: targets of oxidation, or mediators of redox protection. Free Radical Research, 2019, 53(1): pp. 1136-1152. Disponible en: [10.1080/10715762.2019.1632445](https://doi.org/10.1080/10715762.2019.1632445).
12. Worsztynowicz P, Białas W, & Grajek W. Integrated approach for obtaining bioactive peptides from whey proteins hydrolysed using a new proteolytic lactic acid bacteria. Food Chemistry, 2020, 312(2020): pp.1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126035>.
13. Solieri L, Valentini M, Cattivelli A, Sola L, Helal A, Martini S, and Tagliazucchi D. Fermentation of whey protein concentrate by Streptococcus thermophilus strains releases peptides with biological activities. Process Biochemistry, 2022, 121(2022): pp. 590-600. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.08.003>.
14. Dineshbhai CK, Basaiawmoit B, Sakure AA, Maurya R, Bishnoi M, Kondepudi KK, Patil GB, Mankad M, Liu Z, Hati S. Exploring the potential of Lactobacillus and Saccharomyces for biofunctionalities and the release of bioactive peptides from whey protein fermentate. Food Bioscience, 2022, 48(2022): pp. 1-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101758>.
15. Jang JH, Young JY, Pack SP, & Oh NS. Preventive effect of fermented whey protein mediated by Lactobacillus gasseri IM13 via the PI3K/AKT/FOXO pathway in muscle atrophy. American Dairy Science Association, 2023, 107(5): pp. 2606-2619. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24027>.
16. Purohit K, Reddy N, Sunna A. Exploring the potential of bioactive peptides; from natural sources to therapeutics. International Journal of Molecular Sciences, 2023, 25(3): pp. 1391. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms25031391>.



## El Pirul: un árbol con pasado tradicional y futuro prometedor

José Arturo Olguín Rojas<sup>1\*</sup>, Irving David Pérez Landa<sup>2</sup>, Manuel González Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Procesos Bioalimentarios, Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla, México. <sup>2</sup>Laboratorio de Micro y Nano Tecnologías (LAMINAT) /Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México.

\*Contacto: j.a.olguin.rojas@personal.uttecam.edu.mx



## Resumen

El pirul, un árbol emblemático de muchas regiones de México, ha sido valorado desde tiempos ancestrales por sus múltiples usos medicinales. A pesar de que suele pasar desapercibido en la vida cotidiana, recientes investigaciones científicas han confirmado lo que la sabiduría popular ya intuía: sus hojas y frutos contienen compuestos naturales capaces de combatir bacterias dañinas para la salud humana. En este texto, exploramos cómo este árbol tradicional se convierte en un aliado moderno en la lucha contra enfermedades, y cómo su estudio puede contribuir al desarrollo de alternativas naturales para el cuidado de la salud.

**Palabras clave:** compuestos bioactivos, extractos antibacteriales, plantas medicinales.

## El pirul: un árbol que llegó para quedarse

¿Te has detenido a mirar el pirul que crece en la banqueta de tu escuela, lugar de trabajo o colonia? Y ni te imaginas el pasado de esta planta. El pirul (*Schinus molle* L.) perteneciente a la familia Anacardiaceae, es un árbol originario de los Andes peruanos y bolivianos que llegó a México entre 1535 y 1550, durante el periodo virreinal de Antonio de Mendoza. Desde entonces, se ha establecido en gran parte del país, especialmente en el Altiplano Central y el Valle de México (Fig. 1), gracias a su notable capacidad de adaptación a distintos tipos de suelo y climas secos.

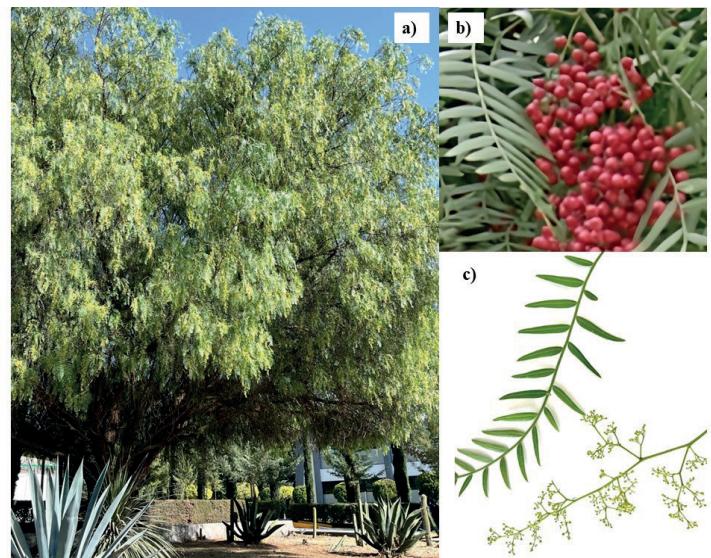


**Figura 1.** Distribución geográfica del árbol de pirul en los principales estados de la República Mexicana.  
Elaboración propia.

Este árbol, de follaje siempre verde, puede alcanzar hasta 15 metros de altura. Su tronco presenta una corteza rojiza que se desprende en finas capas, y sus hojas, de color verde brillante, están compuestas por numerosos folíolos alargados. Florece abundantemente, y sus pequeñas flores blancas dan paso a frutos rosados llamados drupas, que contienen una sola semilla. Esta especie es dioica, lo que significa que existen árboles que solo producen flores masculinas, y árboles que solo producen flores femeninas.

Las flores femeninas al ser fecundadas producen los frutos correspondientes. Un solo árbol femenino puede producir miles de semillas al año, y sus plántulas tienen una gran tasa de sobrevivencia, incluso en condiciones extremas de calor y poca agua (Fig. 2). La rápida expansión de esta especie en México también se atribuye a la dispersión natural de sus semillas por diversas aves, como las palomas (*Zenaida asiatica*, *Z. macroura*), el zanate (*Quiscalus mexicanus*) y los cuítacoches (*Toxostoma curvirostre*). Asimismo, algunos mamíferos, tales como el tlacuache (*Didelphis virginianus*) y el mapache (*Procyon lotor*), participan en este proceso de dispersión. Además, muchas personas lo cultivan y cuidan en jardines, calles y comunidades rurales, debido a sus múltiples usos tradicionales que se remontan a la época colonial. Sin embargo, no todo es positivo.

El pirul ha sido identificado como una especie invasora en ciertas regiones agrícolas de la zona central del país, especialmente en regiones semiáridas, donde ha colonizado terrenos abandonados, afectando a la vegetación local evitando el crecimiento de plantas nativas, debido a sus efectos alelopáticos, es decir, la capacidad de liberar compuestos químicos que dificultan la germinación de otras plantas [1].



**Figura 2.** Árbol de pirul. (a) ejemplar adulto en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, (b) frutos, (c) hojas y flores. Elaboración propia.

## El pirul: una fuente de ingresos

Además de ser un árbol vistoso y resistente, el pirul representa una valiosa oportunidad económica y cultural para muchas comunidades. Desde la época prehispánica, ha sido aprovechado en la medicina tradicional, la cocina, la elaboración de artesanías y hasta en la cosmética. Sus hojas y frutos son populares como remedios naturales. En infusiones, se han utilizado para aliviar problemas respiratorios, digestivos, hepáticos, dolores musculares y heridas. También es usado en rituales como el temazcal o las limpias, con el fin de purificar cuerpo y espíritu. En pueblos de distintos estados, como Oaxaca, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla o el Estado de México, se queman ramas para crear aromas que atraen a visitantes, reforzando la identidad cultural. En la cocina, sus frutos se usan como condimento por su sabor suave y aroma particular, por lo que se conoce como pimienta rosa. También forman parte de bebidas tradicionales y platillos gourmet, impulsando su valor gastronómico. La madera del pirul, de tono atractivo y fácil de trabajar, se emplea

en la fabricación de muebles rústicos, utensilios y objetos decorativos. Esto genera ingresos locales, especialmente en zonas rurales. En el campo, es un aliado ecológico. Su sombra protege cultivos y animales, sus raíces previenen la erosión y sus hojas enriquecen el suelo. Además, funciona como cerco vivo y barrera contra el viento, y actúa como repelente natural, reduciendo el uso de pesticidas [2].

## El pirul: hojas y frutos medicinales

El pirul ha sido utilizado por culturas indígenas como la mixe, zapoteca y totonaca para tratar dolencias, realizar limpias y en rituales de purificación. Actualmente, sus hojas y frutos se venden en mercados populares de estados como Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Michoacán y San Luis Potosí para preparar infusiones medicinales. El valor terapéutico del pirul se debe a que contiene una gran variedad de metabolitos secundarios, también llamados compuestos bioactivos. Estos son sustancias que las plantas producen para defenderse y que en los humanos pueden tener efectos positivos, como combatir bacterias, reducir la inflamación o aliviar el dolor. En el pirul, se han identificado aceites esenciales, terpenos, fenoles, flavonoides y alcaloides presentes en sus hojas, corteza y frutos, los cuales han demostrado actividad antioxidante (fenoles y flavonoides), y antimicrobiana frente a bacterias patógenas humanas (que generan enfermedades). Específicamente, los aceites esenciales han mostrado ser efectivos para el control de *Staphylococcus aureus* (causante de meningitis o endocarditis), mientras que el δ-cadineno y otros terpenos actúan contra *Streptococcus pyogenes* (causante de la enfermedad faringitis estreptocócica). Por otra parte, se estudian por su efecto como repelente natural de insectos, lo que le da un valor añadido en la agricultura ecológica

como posible biopesticida [3]. Además, algunos compuestos como la quer cetina, el ácido gálico y el ácido elágico presentes en diferentes partes del árbol han demostrado tener propiedades antioxidantes, lo cual significa que ayudan a proteger nuestras células del daño causado por los radicales libres. Los estudios *in vivo* (en ratones de laboratorio) demuestran que la administración oral de estos extractos ricos en estos fenoles restaura antioxidantes clave en sangre [4]. Aunque el efecto tópico no es el enfoque primario de la evidencia citada, el uso etnobotánico como cicatrizante y antiséptico sugiere una base para su aplicación cutánea [5].

Estudios recientes también han explorado el potencial de los extractos de las semillas para tratar problemas del estómago, mostrando efectos protectores contra lesiones gástricas en ratas de laboratorio [6].

A pesar del potencial conocido de las hojas y sus extractos, es necesario seguir investigando. Aún se desconoce cómo los procesos de conservación o la formulación de productos (farmacéuticos o agrícolas), afectan la composición y la eficacia de sus compuestos bioactivos. Adicionalmente, se requieren alternativas viables para su aplicación a escala industrial.

# El pirul: aprovechamiento integral a través de la biotecnología

Los resultados positivos en el laboratorio del aprovechamiento del pirul por sus compuestos con efectos antimicrobianos, insecticidas e incluso citotóxicos (capacidad de inducir muerte celular, en células tumorales) [4], abren la puerta para desarrollar nuevos productos farmacéuticos o cosméticos a partir de esta especie, lo que sugiere aplicaciones en áreas como la medicina, la agricultura y la cosmética. Sin embargo, el principal reto para el aprovechamiento de las hojas y frutos del pirul es entender cómo afectan los procesos (secado, extracción, etc.) para la generación de productos, sobre la calidad y composición química del pirul. El secado es una técnica antigua pero clave para conservar materiales vegetales, y también se utiliza como paso previo para extraer compuestos bioactivos. Este proceso consiste en remover el agua mediante aire caliente, y su eficiencia puede influir directamente en el rendimiento de compuestos útiles para la industria, procesos posteriores como la extracción y la encapsulación, son necesarias para fabricar productos como biofármacos, biopesticidas o biocosméticos, alineados con las nuevas demandas del mercado (Fig. 3).



Figura 3. Procesos biotecnológicos propuestos para el aprovechamiento de hojas de pirul. Elaboración propia.

Por ello, actualmente se investiga cómo optimizar dichos procesos, con la intención de reducir el uso de energía, minimizar el impacto ambiental y conservar al máximo los compuestos bioactivos [7]. La biotecnología ofrece un camino para aprovechar de forma integral esta planta, no solo en sus usos tradicionales, sino también en el desarrollo de productos innovadores. Con investigación, tecnología y un enfoque sostenible, el pirul puede dejar de ser solo un árbol ornamental para convertirse en una fuente de innovación con impacto ambiental, económico y social, especialmente como materia prima para fármacos o plaguicidas. Esto cobra especial importancia en el marco de las estrategias como la Propuesta de Estrategia Sectorial de Bioeconomía Agrícola para México (ESBAM), que buscan aprovechar recursos vegetales poco valorados o considerados residuos para generar nuevos productos sostenibles. Identificar los recursos

biológicos que permitan un aprovechamiento ambiental, social y económicamente sustentable. Abordar los principales retos y oportunidades para potenciar la circularización de las cadenas de valor de materiales prioritarios para el estado. desarrollar e implementar procesos, materiales, productos y sistemas que mejoren la calidad de vida y mantengan el equilibrio ecológico, aprovechando residuos industriales como materia prima clave.

## Referencias bibliográficas

1. Guerra-Coss F, Badano E, Cedillo-Rodríguez I, Ramírez-Albores J, Flores J, Barragán-Torres F, et al. Modelling and validation of the spatial distribution of suitable habitats for the recruitment of invasive plants on climate change scenarios: An approach from the regeneration niche. *Sci Total Environ*, 2021;777:146007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146007>
2. Villavicencio-Nieto MA, Pérez-Escandón BE, Gordillo-Martínez AJ. Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, 2010;(30):193-238. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682010000200012&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682010000200012&lng=es&tlang=es)
3. Scalvenzi L, Durofil A, Claros C, Martínez P, Yordi G, Manfredini S, et al. Unleashing Nature's Pesticide: A Systematic Review of *Schinus molle* Essential Oil's Biopesticidal Potential. *Sustainability*, 2024;16(23):10444. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su162310444>
4. Alqathama A, Abdelhady MIS, Al-Omar MS, Barghash MF, Shallan AI. Antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of *Schinus terebinthifolia* fruit and isolation of a new immunomodulatory polyphenolic compound. *Pharmacogn Mag*, 2022;19(1):13-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/09731296221138632>
5. Barbosa LCA, Demuner AJ, Clemente AD, Paula VF, Ismail F. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Quím Nova*, 2007;30(8):1959-65. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000800030>
6. Sánchez-Mendoza M, López-Lorenzo Y, Cruz-Antonio L, Arrieta-Báez D, Pérez-González M, Arrieta J. First evidence of gastroprotection by *Schinus molle*: Roles of nitric oxide, prostaglandins, and sulfhydryls groups in its mechanism of action. *Molecules*, 2022;27(21):7321. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules27217321>
7. Olguín-Rojas JA, Aguirre-Lara P, Urrieta MMG, Zepeda JMT, Jacome FC, Rodriguez-Jimenes GdC. Modeling of the fluidized bed drying process of pirul (*Schinus molle* L.) leaves. *Proceedings*, 2024;105(1):64. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/proceedings2024105064>



## ¿Niños programadores? Ventajas y retos de enseñar código desde pequeños

Jonathan Zacek Alcazar Jurado<sup>1\*</sup>, Morelia Janneth Ruiz Machado<sup>2</sup>, María Magdalena Gutiérrez Constantino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

<sup>2</sup>Dirección General de Educación Tecnológica Industrial / Centro de Estudios Tecnológicos Industriales y de Servicio No. 27

\*Contacto: [jonathan.aj@uruapan.tecnm.mx](mailto:jonathan.aj@uruapan.tecnm.mx)



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

Hoy en día, aprender a programar ya no es solo cosa de expertos: los niños de todo el mundo están descubriendo el fascinante mundo del código desde muy pequeños. Cada vez más escuelas integran actividades creativas que convierten la programación en un juego: robots que siguen tus instrucciones, historias animadas hechas con Scratch y videojuegos que ellos mismos pueden diseñar.

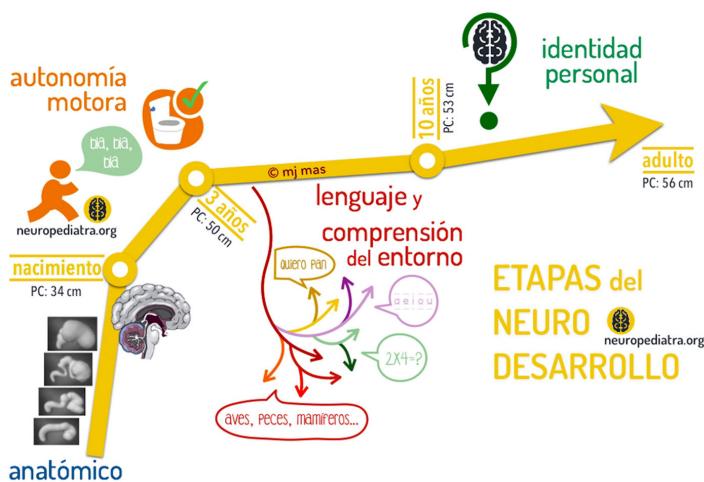
¿Pero realmente es necesario que los niños aprendan a programar desde tan temprano? Más que una moda, enseñar a programar es como darles una nueva forma de leer y escribir en el mundo digital: despierta su creatividad, fortalece su pensamiento lógico y les abre oportunidades para construir el futuro. En este artículo te invitamos a explorar de manera sencilla y divertida cómo la programación temprana está transformando la educación y por qué podría convertirse en una de las habilidades esenciales del siglo XXI.

**Palabras clave:** Programación infantil, Educación digital, Robots educativos, Aprender jugando, Habilidades del futuro.

## ¿Qué es programar y por qué enseñarlo desde pequeños?

Programar significa dar instrucciones a una computadora para que realice tareas específicas. Enseñarlo desde pequeños favorece el pensamiento lógico, la creatividad y la resolución de problemas. No se trata solo de escribir líneas de código, sino de entender cómo estructurar ideas, secuencias y consecuencias. Así como aprender un nuevo idioma desarrolla el cerebro, programar puede convertirse en una forma de alfabetización digital temprana. También estimula el desarrollo del pensamiento crítico, la capacidad de abstracción y la creatividad al resolver problemas [1].

Desde el punto de vista del neurodesarrollo, los primeros años de vida son fundamentales para establecer las bases de habilidades cognitivas complejas. La plasticidad cerebral permite que los estímulos adecuados, como la resolución de problemas y la estructuración lógica, se integren con mayor facilidad durante la infancia. La programación, como ejercicio mental, estimula áreas asociadas al razonamiento abstracto, funciones ejecutivas y memoria de trabajo [1]. Las etapas del neurodesarrollo, base de la adquisición de habilidades cognitivas complejas en contextos estructurados y lúdicos, evidencian esta relación (Fig. 1).



## Ventajas: más que solo saber usar una computadora

Estudios muestran que los niños que aprenden programación desarrollan mayor autonomía, creatividad y tolerancia al error. Además, mejora su comprensión matemática, fomenta el trabajo colaborativo y puede motivarlos a futuras carreras STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) [1]. Asimismo, diversos estudios sugieren que, desde los primeros niveles educativos, el pensamiento computacional mejora la capacidad de análisis y la toma de decisiones; sus pilares —descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción y diseño de algoritmos— se sintetizan en la Figura 2 [2].

**Figura 2.** Pilares esenciales del pensamiento computacional. Recuperado:  
<https://smartteamdigital.com/2022/11/25/ideas-pa-ra-ensenar-pensamiento-computacional/>



**Figura 1.** Mapa visual de las etapas del neurodesarrollo humano. Recuperado de:  
<https://neuropediatra.org/2015/12/16/etapas-del-nurodesarrollo/>

## Desventajas y límites necesarios

Aunque los beneficios son claros, también existen riesgos si se abusa del tiempo frente a pantallas o se enseña de forma rígida. La programación no debe reemplazar el juego libre ni las interacciones físicas. Además, los niños necesitan mediación adulta para comprender el porqué de lo que hacen y evitar frustraciones innecesarias. Por ejemplo, el exceso de tiempo frente a pantallas, sin una adecuada guía, puede afectar la calidad del sueño y la interacción social en la niñez [3]. Las recomendaciones internacionales sobre el uso de pantallas según la edad refuerzan la importancia de un acompañamiento adulto y de equilibrar las actividades digitales con experiencias reales de socialización y juego (Fig. 3). Desde la psicología infantil, se recomienda equilibrar los momentos frente a pantalla con actividades de socialización, juego libre y movimiento físico, que son igualmente esenciales para el desarrollo integral.

### TIEMPO RECOMENDADO PARA EL USO DE PANTALLAS



**Figura 3.** Recomendaciones de tiempo frente a pantallas según la edad.  
Recuperado de:  
<https://www.mspbs.gov.py/portal/27094/oms-recomienda-evitar-expo-ner-a-nintildeos-menores-de-dos-antilideos-de-vida-a-pantallas.html>.

## ¿Cómo enseñar? Herramientas para aprender jugando

Existen múltiples recursos para introducir a niños y jóvenes a la programación de forma lúdica. Plataformas como Scratch y Blockly permiten programar con bloques visuales, sin necesidad de escribir código. Code.org ofrece cursos con enfoque lúdico desde preescolar. Otros recursos como LEGO Mindstorms, Micro:bit o Arduino combinan robótica y programación [4, 5]. Estos kits de construcción, (Fig. 4), permiten a los estudiantes crear robots funcionales y personalizables mientras aprenden programación visual y basada en texto. Estos kits de robótica presentan una amplia variedad en precio, determinada por los materiales, la complejidad de sus componentes y el nivel de funcionalidad que ofrecen, desde modelos básicos de iniciación hasta plataformas avanzadas para proyectos complejos. Existen opciones para diversas edades y niveles de complejidad, lo que fomenta un aprendizaje progresivo, adaptado y accesible a diferentes contextos educativos.

Entre los prototipos que pueden armar los chicos



**Figura 4.** Kit LEGO Mindstorms Robot Inventor: Robótica y programación. Fuente: Propia

se incluyen un robot LEGO Mindstorms tipo humanoide, cuadrúpedos tipo "perro", caminadores de seis patas, seguidores de línea y mecanismos simples en madera o acrílico, algunos programables y otros basados en electrónica analógica o mecánica básica (Fig. 5). Este tipo de recursos posibilita el desarrollo de prototipos que van desde vehículos autónomos, brazos robóticos y sistemas con sensores, hasta mecanismos de exploración. Además, mediante la construcción y programación



**Figura 5.** Robot LEGO armado y otros prototipos educativos, programables y no programables. Fuente: Elaboración propia.

de estos prototipos, los niños y jóvenes reciben estímulos acordes a sus edades, favoreciendo la motricidad fina, el pensamiento lógico y la creatividad. Estas herramientas no solo desarrollan habilidades técnicas, sino que también promueven el aprendizaje activo, la perseverancia, el trabajo en equipo y el aprendizaje basado en proyectos [6].

Desde un enfoque de estimulación temprana, estos recursos permiten introducir el pensamiento computacional de forma gradual, respetando los procesos cognitivos y los tiempos individuales del aprendizaje. Además, es importante considerar la edad al seleccionar recursos: ScratchJr está diseñado para niños de 5 a 7 años, Scratch a partir de los 8, Blockly desde los 7 u 8 con acompañamiento docente, y kits como Micro:bit o Arduino a partir de los 10 u 11 años, cuando se han consolidado habilidades lógicas. La robótica educativa también integra conceptos de electrónica, mecánica y programación, ofreciendo experiencias completas y motivadoras para todas las edades [7, 8]. Se recomienda, además, mantener un uso equilibrado de las pantallas y

combinar la programación con actividades físicas, artísticas y de exploración, logrando así un desarrollo integral y estimulante para cada etapa evolutiva.

## Programar desde temprana edad, con responsabilidad y visión de futuro

La programación, cuando se introduce de manera planificada y con acompañamiento adulto, puede convertirse en una herramienta educativa poderosa para niños, niñas y jóvenes. No se trata de imponer conocimientos técnicos prematuros, sino de ofrecer oportunidades para desarrollar pensamiento crítico, creatividad y autonomía en un mundo donde la tecnología es parte cotidiana de la vida [9]. Integrar el pensamiento computacional en la infancia es una apuesta por una educación integral que forma ciudadanos digitales más conscientes y preparados para enfrentar los retos del siglo XXI. Sin embargo, este avance debe realizarse con responsabilidad, respetando los ritmos del neurodesarrollo y evitando la sobreexposición a pantallas. Diversas investigaciones en

psicología del desarrollo resaltan que los primeros años son cruciales para establecer conexiones neuronales esenciales, y que una estimulación inadecuada puede afectar áreas como la atención, el control de impulsos y la empatía [10]. Por ello, la inclusión de recursos como ScratchJr, Scratch, Blockly o kits de robótica debe adaptarse a cada etapa, siempre guiada por adultos que contextualicen la experiencia, fomenten el juego y favorezcan un desarrollo equilibrado.

Estamos a favor de introducir la programación desde edades tempranas, entendida no solo como una habilidad técnica, sino como una vía para potenciar el aprendizaje activo, la curiosidad y el trabajo colaborativo. Con una implementación responsable, estas experiencias tecnológicas pueden convertirse en herramientas de desarrollo emocional, cognitivo y social, contribuyendo a formar generaciones creativas, resilientes y preparadas para un futuro en constante transformación.

## Referencias bibliográficas

1. Resnick M, Maloney J, Monroy-Hernández A, Rusk N, Eastmond E, Brennan K, et al. Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*. 2009;52(11):60-67. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>.
2. Bers MU. Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom [Internet]. New York: Routledge; 2018. Disponible en:  
[https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781000194500\\_A39675062/preview-9781000194500\\_A39675062.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781000194500_A39675062/preview-9781000194500_A39675062.pdf).
3. Livingstone S, Franklin B. Families and screen time: Current advice and emerging research [Internet]. LSE Media Policy Brief. 2018;(20). London: London School of Economics and Political Science. Disponible en:  
<https://eprints.lse.ac.uk/66927/1/Policy%20Brief%202017-%20Families%20%20Screen%20Time.pdf>.
4. Grover S, Pea R. Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*. 2013;42(1):38-43. Disponible en:  
[https://multimedia.uoc.edu/carlos/chipro/wp-content/uploads/2013/10/38.full\\_.pdf](https://multimedia.uoc.edu/carlos/chipro/wp-content/uploads/2013/10/38.full_.pdf)
5. Kafai YB, Burke Q. Connected code: Why children need to learn programming [Internet]. Cambridge (MA): MIT Press; 2014. Disponible en:  
[https://static1.squarespace.com/static/61148be5890d0754e5fe8c5b/t/61215c3b4135f6579e3aee82/1629576251725/Connected+Code\\_Rich\\_2015.pdf](https://static1.squarespace.com/static/61148be5890d0754e5fe8c5b/t/61215c3b4135f6579e3aee82/1629576251725/Connected+Code_Rich_2015.pdf).
6. Sáez-López JM, Román-González M, Vázquez-Cano E. Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two-year case study using Scratch in five schools. *Computers & Education*. 2016;97:129-141. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131516300549>.
7. National Association for the Education of Young Children. Technology and young children. 2022. Disponible en: <https://www.naeyc.org/resources/topics/technology-and-media>.
8. Christakis DA. The role of media in child development. *Pediatrics*. 2019;143(6):e20193008. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1542/peds.2019-3008>.
9. Wing JM. Computational thinking. *Communications of the ACM*. 2006;49(3):33-35. Disponible en:  
<https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>.
10. American Academy of Pediatrics. Media and young minds. *Pediatrics*. 2016;138(5):e20162591. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1542/peds.2016-2591>.



## **La leña: energía natural de nuestros bosques**

Jarinzi Corona-Terán<sup>1\*</sup>, José Guadalupe  
Rutiaga-Quiñones<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

\*Contacto: cjarinzi@yahoo.com.mx



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

La leña es una de las principales fuentes de energía que ha utilizado el hombre, y sigue siendo importante para millones de personas alrededor del mundo, particularmente en las comunidades rurales. Se obtiene de diferentes especies forestales y su calidad depende de su poder calorífico y del contenido de humedad. Es una opción accesible para la preparación de alimentos y calentar los hogares, sin embargo, su uso puede afectar la salud de los usuarios generalmente mujeres y puede causar un impacto ambiental.

**Palabras clave:** especies forestales, poder calorífico, densidad, humedad.

## ¿Qué es la leña y para qué se usa?

La leña es una fuente tradicional y principal de energía en muchas comunidades rurales de México [1]. En México, aproximadamente 28 millones de habitantes, ubicados en zonas rurales y urbanas marginadas, usan especies forestales, como combustibles leñosos, para satisfacer sus necesidades de energía doméstica [2]. Es madera que puede estar seca, aunque a veces se utiliza húmeda, dependiendo de la disponibilidad local; que se usa como combustible (Fig. 1) para cocinar, calentar hogares, hervir agua (Fig. 2) y se obtiene de los bosques. En los hogares mexicanos, la energía consumida para usos térmicos proviene de la leña o carbón en un 11% [3]. Sin embargo, su uso debe realizarse de una manera sustentable para evitar la degradación de los ecosistemas forestales.

## ¿Qué especies forestales se utilizan como leña?

En los bosques templados, entre las especies forestales más comunes que se utilizan como leña, se pueden mencionar: Los encinos (*Quercus spp.*), son árboles de madera dura, que son valorados por su alto poder calorífico (su madera es más densa que la de otros árboles), lo que permite que arda durante un período de tiempo más largo y genere más calor al quemarse (Fig. 3). Por ejemplo, en comunidades de Oaxaca y Guerrero, diversas especies de encino son las preferidas para leña debido a su abundancia y calidad [4, 5]. Mientras que los pinos (*Pinus spp.*), presentan madera resinosa por lo que arde con facilidad, lo que la hace ideal para encender fuego rápidamente (Fig. 4). También se encuentran los ailes (*Alnus spp.*) que, aunque menos abundantes, también se usan porque están disponibles en la zona y por sus características combustibles (Fig. 5).



**Figura 1.** Traslado de leña.  
Foto: Alkemade / Pixabay.  
<https://pixabay.com/es/photos/carretilla-madera-corta-r-le%C3%A1-%C3%A1-4845055/>



**Figura 2.** Cocinando con leña. Foto: Jarienzi Corona Terán



**Figura 3.** *Quercus spp.* Foto: Ken-ichi Ueda/Flickr.  
<https://www.flickr.com/photos/ken-ichi/>

**Figura 4.** *Pinus pseudostrubus* en Acuitzio, Michoacán, México. Foto: Marumg/Wikimedia commons.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinus\\_pseudostrubus,\\_Acuitzio,\\_Michoac%C3%A1n,\\_M%C3%A9jico\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinus_pseudostrubus,_Acuitzio,_Michoac%C3%A1n,_M%C3%A9jico_2.jpg)



**Figura 5.** *Alnus acuminata*.  
Foto: Frank R./Wikimedia commons.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alnus\\_acuminata\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alnus_acuminata_2.jpg)





**Figura 6.** Carnero (*Coccoloba cozumelensis*). Foto: Neptalí Ramírez Marcial/Argentinat.  
<https://www.argentinat.org/observations/1216971>



**Figura 7.** Jolocín (*Heliocarpus donnellsmithii*). Foto: Juan Carlos López Domínguez/Inaturalist  
<https://mexico.inaturalist.org/taxa/209852-Heliocarpus-donnellsmithii>

En el caso del estado de Michoacán, se usan géneros forestales como *Quercus* spp., *Pinus* spp., *Alnus* spp., *Arbutus* spp. (madroño), *Cedrus* spp. (cedro), *Acacia* sp (huizache), *Prosopis* sp. (mezquite), *Fraxinus* sp. (fresno), *Diospyrus* sp. (zapote) y *Prunus* sp. (durazno) [6].

En contraste, las zonas tropicales presentan mayor diversidad biológica que las zonas de bosques templados, lo que propicia que los árboles que se utilizan como leña sean también más variados. Sin embargo, las comunidades rurales prefieren especies que reúnen cualidades específicas para este uso. Entre las características que buscan, están las siguientes: árboles que tengan un rápido crecimiento, debido a que garantiza un suministro constante de madera. También valoran la madera de buena densidad, ya que arde de una manera óptima y, además, produce un calor duradero.

Cabe mencionar que existen otras cualidades que son también valoradas, como lo es la generación de poco humo, tal es el caso del encino debido a que arde mejor y el carbón que deja al terminar de quemarse es de buena calidad, es decir, conserva una brasa duradera [4], y esto se debe a que la cantidad de humo que genera está en relación con la cantidad de materia volátil, y se ha observado que algunas especies de encino tienen una cantidad menor de volátiles y mayor poder calorífico comparado con otras latifoliadas [7]. La alta disponibilidad local y la facilidad para recolectar la leña influyen en la selección. Por estas razones, especies como el carnero (Fig. 6) y el jolocín (Fig. 7) son muy apreciados en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México [8],

# ¿Y el impacto ambiental?

La extracción de leña contribuye a la disminución de la hojarasca y afecta negativamente el carbono orgánico del suelo, así como nutrientes como amonio, nitrógeno y carbono en la biomasa microbiana [9]. Repercute en las comunidades vegetales, con afectaciones en la flora y fauna asociada cuando se supera la capacidad de regeneración del ecosistema [10], tal es el caso del madroño (*Arbutus glandulosa*), en la comunidad de Las Casitas en la Sierra Gorda, Guanajuato [11].

Aunque la recolección de leña se asocia con daños ambientales, hay investigaciones que muestran que, cuando se realiza con prácticas de manejo forestal sostenible, no siempre perjudica a los ecosistemas. Por ejemplo, extraer leña de manera controlada ayuda a reducir la contaminación del aire y el agua, disminuye las plagas, y el deterioro del paisaje [2]. Si la recolección la realizan las mujeres y los niños, lo hacen en la vegetación dispersa, cercana a su hogar y consiste en árboles aislados, arbustos, restos de la poda de árboles frutales [12]. Además, algunas comunidades, situadas en áreas naturales protegidas, perciben que recoger leña a partir de madera muerta y ramas favorece al bosque porque ayuda a disminuir el riesgo de incendios y la presencia de plagas, contribuyendo a mantener un bosque más sano [13].

## ¿Qué prácticas de manejo forestal son recomendables realizar al recolectar la leña?

- Utilizar preferentemente árboles muertos, ramas secas o residuos de podas, evitando cortar árboles vivos sin permiso de la autoridad correspondiente [14].
- Respetar la normatividad forestal que protege especies en peligro de extinción [14].
- Almacenar la leña en lugares secos y ventilados.
- Promover la reforestación y el uso de especies de rápido crecimiento.

## ¿Qué ocurre cuando inhalamos humo de leña?

La combustión de combustibles sólidos como la leña, para cocinar se realiza generalmente en fogones abiertos, con una eficiencia energética muy baja, lo que libera una gran cantidad de contaminantes en el interior de las cocinas [15].

La exposición al humo de leña es una fuente importante de contaminación del aire interior de los hogares [16] que afecta principalmente a las mujeres, porque son las que cocinan los alimentos, los niños menores de cinco años y los ancianos que pasan más tiempo en el hogar [17].

Es importante mencionar que la exposición a esos contaminantes puede provocar un mayor riesgo de enfermedades, como infecciones respiratorias, neumonía, tuberculosis y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cáncer de pulmón, nasofaríngeo y laríngeo, asma, así como bajo peso al nacer, cataratas y enfermedades cardiovasculares, deficiencias nutricionales, accidentes cerebrovasculares [18]. Para el caso de México, se registraron 19,703 defunciones por enfermedades relacionadas a la inhalación de humo de combustibles sólidos [19].

Debido a los riesgos sanitarios descritos es de suma importancia reconocer la necesidad de soluciones sostenibles para mitigar estos efectos en la salud pública. En este sentido, las estufas eficientes de leña son una estrategia para promover el uso responsable y sostenible de la leña en las zonas rurales, además, mejoran la calidad de vida de los habitantes rurales. Estas estufas tienen una eficiencia energética cercana al 60% mayor que los fogones tradicionales, lo que se refleja en un mejor aprovechamiento del calor, menos leña consumida y una reducción del tiempo de trabajo de las mujeres al cocinar. Otro beneficio es que reducen la cantidad de humo dentro del hogar al canalizarlo hacia el exterior [20], lo que mejora la salud al disminuir enfermedades respiratorias [21], oculares, función pulmonar, presión arterial y quemaduras [22].

Sin embargo, los esfuerzos que se han hecho por llevar esta tecnología a las zonas rurales han sido limitados, por lo que se debe promover un enfoque integral para fomentar el uso sostenible de tecnología de energía residencial en las comunidades rurales, considerando la diversidad de valores y necesidades de los usuarios potenciales [23], capacitación técnica [24], acceso a financiamiento tanto a la investigación y desarrollo de nuevos modelos, como para los recursos destinados a los usuarios [25, 26] y sensibilización comunitaria [27, 28, 29]. Por ello, el éxito de esta tecnología depende no sólo de su eficiencia, sino también de su aceptación cultural y accesibilidad económica [30,31].

## Conclusión

La leña sigue siendo un recurso de importancia, para la obtención de energía, en muchas comunidades rurales de México. Su valor radica en la disponibilidad y accesibilidad, sin embargo, el manejo debe realizarse con responsabilidad ambiental.

Imagen descargada de Freepik



# Referencias bibliográficas

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). El estado de los bosques del mundo. Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. [Internet]. [Consultado 9 Jul 2025]. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/386cc341-e052-4064-b23b-253b044d765c/content>
2. Masera CO, Coralli F, García BC, Riegelhaupt E, Arias CT, Vega J, Díaz JGR, Guerrero PG, Cecotti L. La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas. Red Mexicana de Bioenergía, A. C. 2011. Disponible en: <https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/CT4.pdf>
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018. [Internet]. [Consultado 9 Jul 2025]. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/encevi/2018/doc/encevi2018\\_presentacion\\_resultados.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/encevi/2018/doc/encevi2018_presentacion_resultados.pdf)
4. Jiménez-Mendoza ME, Ruíz-Aquino F, Aquino-Vásquez C, Santiago-García W, Santiago-Juárez W, Rutiaga-Quiñones JG, Fuente-Carrasco ME. Aprovechamiento de leña en una comunidad de la Sierra Sur de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2023, 14(76); pp. 22-49. Disponible en: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i76.1300>
5. Mozo Ocegueda A, Silva Aparicio M. Caracterización del aprovechamiento de leña en una comunidad Me'phaa de la Montaña de Guerrero. Revista Mexicana De Ciencias Forestales, 2022, 13(70). Disponible en: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i70.1263>.
6. Miranda Gamboa, MA. () . Impacto en los patrones de consumo de leña por el uso sostenido de la estufa eficiente Patsari en Michoacán [Tesis de maestría], Morelia, Michoacán: Universidad Nacional Autónoma de México; 2015. [Consultado 19 oct 2025]. Disponible en: <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/513014727.pdf>
7. Ruiz-Aquino F, González-Peña MM, Valdez-Hernández JI, Revilla US, Romero-Manzanares A. Chemical characterization and fuel properties of Wood and bark of two oaks from Oaxaca, México. Industrial Crops and Products, 2015, 65: pp. 90-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.024>
8. Orantes-García C, Pérez-Farrera MA, Del Carpio-Penagos CU, Tejeda-Cruz C. Aprovechamiento del recurso maderable tropical nativo en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. Madera y Bosques, 2013, 19(3), 7-21. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v19n3/v19n3a2.pdf>
9. García-Oliva F, Covaleda S, Gallardo, JF, Prat C, Velázquez-Durán R, Etchevers JD. Firewoods extraction affects carbon pools and nutrients in remnant fragments of temperate forests at the Mexican Transvolcanic Belt. Bosque, 2014, 35(3): pp. 311-324. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000300006>
10. Quiroz-Carranza J, Orellana R. Uso y manejo de leña combustible en viviendas de seis localidades de Yucatán, México. Use and management of firewood in dwellings of six localities from Yucatán, México. Madera y Bosques, 2010, 16(2): pp. 47-67. Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1621172>
11. Alvarado-Machuca, SV. Calidad de leña de especies nativas de la sierra gorda de Guanajuato y propagación de Arbutus glandulosa [Tesis de maestría] Texcoco, Edo. De México: Universidad Autónoma Chapingo; 2012 [Consultado 15 oct 2025]. Disponible en: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/1f82368f-5dd1-481f-976b-22f848e674ef/content>
12. De Montalembert MR, Clément J. Disponibilidad de leña en los países en desarrollo. Estudio Organización de las Naciones Unidas. 1983. [Internet]. [Consultado 14 oct 2025]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5329s/x5329s00.htm#Contents>
13. Cortés-Blobaum HJ, Rodríguez-Laguna R, Otazo-Sánchez EM, Prieto-García F, Fragoso-López PI, Razo-Zárate R. Patrones culturales de uso de leña en la primera área protegida de Latinoamérica, El Chico, México. Revista Iberoamericana de Ciencias, 2019, 6(2): pp. 15-26. Disponible en: <http://reibci.org/publicados/2019/abr/3400108.pdf>
14. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SEMARNAT-1996: Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de leña para uso doméstico. Diario Oficial de la Federación, México, D.F. 1996. [Internet]. [Consultado 19 oct 25]. Disponible en: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3320/1/nom-012-semarnat-1996.pdf>
15. Pérez-Padilla R, Schilmann AH. Uso de leña en el hogar. Riesgos a la salud, situación actual y alternativas. 2024. Disponible en: [https://puiree.cic.unam.mx/slider\\_docs/Libro\\_Usolena.pdf](https://puiree.cic.unam.mx/slider_docs/Libro_Usolena.pdf)

16. Rincon G, Morantes G, Garcia-Angulo A, Mota S, Cornejo-Rodriguez MP, Jones B. Understanding particulate matter emissions from cooking meals, health impacts and policy path in Ecuador. *Science of The Total Environment*, 2025, 982: 179628. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179628>
17. Aboubacar B, Deyi X, Razak AMY, Hamidou LB. The Effect of PM2.5 from Household Combustion on Life Expectancy in Sub-Saharan Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(4): 748. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph15040748>
18. Kim, KH, Jahan SA, Kabir EA. Review of diseases associated with household air pollution due to the use of biomass fuels. *J. Hazard. Mater.*, 2011, 192: pp. 425–431. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.087>
19. Rivera DJ, Barrientos GT, Oropeza AC. Síntesis sobre políticas de salud. Propuestas basadas en evidencia. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2021. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Argumedo/publication/357912744\\_Actividad\\_fisica\\_y\\_estilos\\_de\\_vida\\_saludables/links/61e700538d338833e37a7c09/Actividad-fisica-y-estilos-de-vida-saludables.pdf#page=141](https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Argumedo/publication/357912744_Actividad_fisica_y_estilos_de_vida_saludables/links/61e700538d338833e37a7c09/Actividad-fisica-y-estilos-de-vida-saludables.pdf#page=141)
20. Flores-Sotelo, MT. Alcances ambientales de la adopción de la estufa ahoradora de leña tlecalli en dos comunidades rurales del Estado de Morelos, México. *Ambiente y Desarrollo*, 2016, 20(39): pp. 143-157. Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana/ayd20-39.aaae>
21. Schilmann A, Riojas-Rodríguez H, Ramírez-Sedeño K, Berrueta VM, Pérez-Padilla R, Romieu I. Children's respiratory health after an efficient biomass stove (Patsari) intervention. *EcoHealth*, 2015, 12: pp. 68-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0965-4>
22. Jamali T, Fatmi Z, Shahid A, Khoso A, Masood KM, Sathiakumar N. Evaluation of short-term health effects among rural women and reduction in household air pollution due to improved cooking stoves: quasi experimental study. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2017, 10: pp. 809–819. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11869-017-0481-0>
23. Rhodes EL, Dreibelbis R, Klasen E, Naithani N, Baliddawa J, Menya D, Khatry S, Levy S, Tielsch JM, Miranda JJ, Kennedy C, Checkley W. Behavioral attitudes and preferences in cooking practices with traditional open-fire stoves in Peru, Nepal, and Kenya: implications for improved cookstove interventions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, 11(10): pp. 10310-10326. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph111010310>
24. De la Sierra- de la Vega LA, Riojas-Rodríguez H, Librado-de la Cruz E, Catalán-Vázquez M, Flores-Ramírez R, Berrueta V, Schilmann A. Implementation process evaluation of an improved cookstove program in rural San Luis Potosí, México. *Energy for Sustainable Development*, 2022, 66: pp. 44-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.11.003>
25. Díaz-Jiménez R, Berrueta-Soriano V, Masera-Cerutti O. Estufas de leña. Red Mexicana de Bionergía. 2011. Disponible en: <https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/CT3.pdf>
26. Schilmann, A., Ruiz-García, V., Serrano-Medrano, M., de la Sierra de la Vega, L. A., Olaya-García, B., Estevez-García, J. A., Berrueta, V., Riojas-Rodríguez, H. & Masera, O. Just and fair household energy transition in rural Latin American households: are we moving forward? *Environmental Research Letters*, 2021, 16(10): 105012. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac28b2>
27. Berrueta VM, Serrano-Medrano M, García-Bustamante C, Astier M, Masera OR. Promoting sustainable local development of rural communities and mitigating climate change: the case of Mexico's Patsari improved cookstove project. *Climatic Change*, 2015, 140: pp. 63-77. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1523-y>
28. Catalán-Vázquez M, Fernández-Plata R, Martínez-Briseño D, Pelcastre-Villafuerte B, Riojas-Rodríguez H, Suárez-González L, Pérez-Padilla R, Schilmann A. Factors that enable or limit the sustained use of improved firewood cookstoves: Qualitative findings eight years after an intervention in rural Mexico. *PLoS ONE*, 2018, 13(2): e0193238. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193238>
29. Ferriz Bosque E, Muneta LM, Romero Rey G, Suarez B, Berrueta V, Beltrán A, Masera O. Corrección: Ferriz Bosque et al. Using design thinking to improve cook stoves development in Mexico. *Sustainability*, 2022, 14(10): 6206. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14106206>
30. Sovacool BK, Griffiths S. The cultural barriers to a low-carbon future: a review of six mobility and energy transitions across 28 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, 119, 109569. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109569>
31. Mazzone A, Cruz T, Bezerra P. Firewood in the forest: social practices, culture, and energy transitions in a remote village of the Brazilian Amazon. *Energy Research & Social Science*, 2021, 74: 101980. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101980>



# Cultivos inteligentes: simulación de la dinámica de aire para optimizar las condiciones ambientales y el diseño invernaderos

Cruz Ernesto Aguilar Rodríguez<sup>1\*</sup>, Jorge Flores Velázquez<sup>2</sup>, Oscar Eduardo Aguilar Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ITS de Los Reyes,

<sup>2</sup>Posgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados Campus Montecillos

\*Contacto: ernesto.ar@losreyes.tecnm.mx



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

En la actualidad, la tecnología no solo está disponible en los teléfonos o computadoras: también entra a los invernaderos. Gracias a la simulación por computadora, es posible conocer el comportamiento del aire dentro de un invernadero y cómo afecta al cultivo, incluso antes de construirlo. La herramienta, conocida como Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), ayuda a diseñar invernaderos más eficientes y productivos.

Con CFD es posible identificar las zonas de baja velocidad del viento dentro del invernadero, lo que permite observar las regiones con mayor gradiente térmico que puedan ocasionar problemas en el desarrollo de los cultivos. Con estos datos, se pueden realizar ajustes en el manejo de los invernaderos para que los cultivos crezcan sanos sin necesidad de gastar en ventilación o calefacción. En zonas calurosas, como Michoacán, se ha usado esta tecnología para analizar la viabilidad de cultivar tomate bajo invernadero durante todo el año. Los resultados mostraron que sí, siempre que el invernadero esté bien diseñado y aproveche la velocidad del aire para reducir el gradiente térmico entre el exterior. Los investigadores usan CFD para calcular cuántos días son necesarios para completar los requerimientos de calor que necesita un cultivo para crecer, ayudando a planear mejor las fechas de siembra y cosecha. Con estas nuevas herramientas digitales, los invernaderos se pueden diseñar con mayor eficiencia, usando el aire como aliado, y así lograr cosechas abundantes, sanas y sostenibles.

**Palabras clave:** Temperatura, diseño, control ambiental.

Imagina un invernadero diseñado a partir del conocimiento científico antes de su construcción. Un espacio donde cada corriente de aire, cada grado de temperatura y cada ventana están planeados para darle a los cultivos exactamente lo que necesitan. Hoy en día, esto es posible gracias a la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, por sus siglas en inglés), una herramienta que permite “ver” el aire y entender cómo se comporta dentro de un invernadero.

A nivel mundial, las pérdidas en la producción agrícola derivadas de eventos climáticos extremos y estrés térmico representan un desafío económico significativo. Se estima que las olas de calor y sequías causaron pérdidas acumuladas de \$237 mil millones en la producción global durante el período 1961-2014 [1]. En el contexto de la agricultura protegida, el diseño térmico adecuado se revela como un factor crítico para la viabilidad económica y productiva de los sistemas de invernadero. El consumo energético asociado al control climático puede representar hasta el 50% de los costos de producción en invernaderos agrícolas [2], mientras que diseños innovadores como los invernaderos cerrados pueden reducir el consumo de combustibles fósiles entre 25-35% en comparación con sistemas abiertos en climas templados [3]. Estudios de simulación han demostrado que estrategias de control térmico optimizadas pueden lograr mejoras del 8.5% en eficiencia energética, reducciones del 12.5% en consumo energético y ganancias promedio de hasta 60% en rentabilidad para la producción de tomate en invernadero [4].

En México, miles de hectáreas de cultivos se pierden cada año por plagas, enfermedades o climas extremos. Por ejemplo, en la región de Los Reyes, Michoacán, la producción de zarzamora se desplomó debido a enfermedades como la pudrición de raíz, generando pérdidas de hasta 125 millones de dólares anuales [5]. Para recuperar

estas tierras, muchos productores voltearon a ver alternativas. Pero, ¿cómo asegurar que este nuevo cultivo tenga las mejores condiciones?

## El aire, un componente invisible que transforma la productividad en los invernaderos

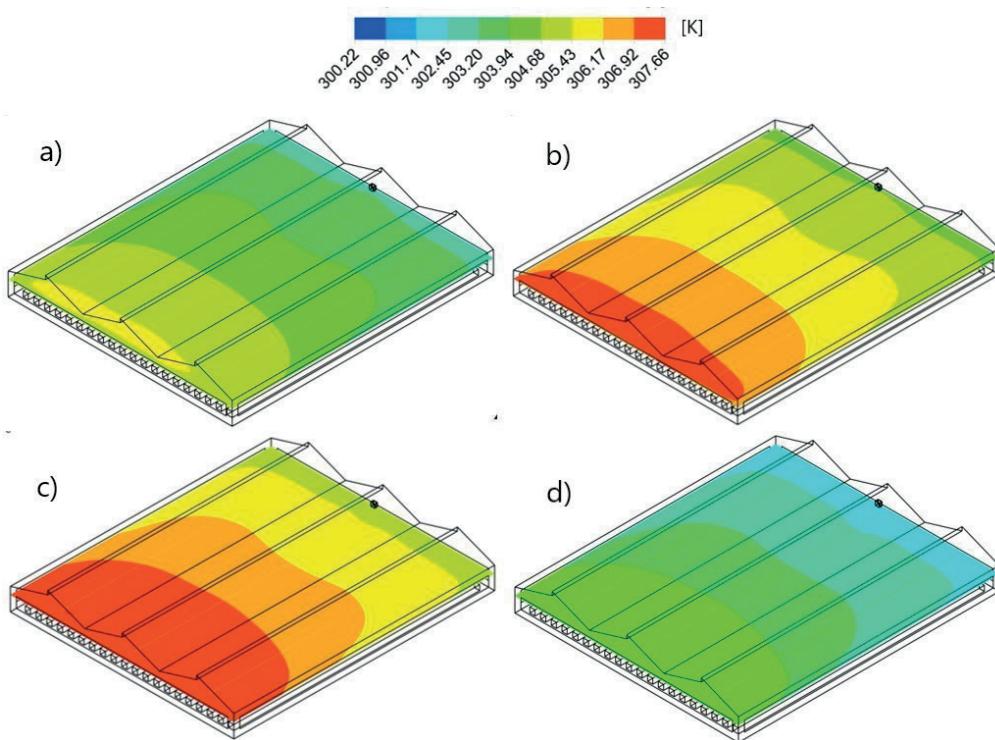
Un invernadero funciona como una cubierta que protege a los cultivos de las condiciones climáticas externas. Sin embargo, su éxito depende de cómo circula el aire dentro de él. Si el gradiente térmico es demasiado (para el cultivo de tomate el umbral máximo es de 30 °C), los cultivos sufren. Si el aire no se renueva bien, la humedad o el calor se acumulan, lo que permite el crecimiento de hongos y desarrollo de enfermedades [6].

Aquí es donde CFD se convierte en una herramienta clave. Esta tecnología usa modelos matemáticos para simular cómo se mueve el aire dentro del invernadero. Su base son las ecuaciones de Navier–Stokes, que describen cómo se conserva la masa, el movimiento y la energía en los fluidos. Al resolver estas ecuaciones de manera numérica, es posible predecir cómo circula el aire, cómo se distribuye la temperatura y cómo se transfiere el calor. En los invernaderos, este enfoque permite analizar procesos como la convección del aire, la radiación solar, la conducción térmica en las estructuras y la evapotranspiración de los cultivos. Gracias a ello, CFD se convierte en una herramienta esencial para diseñar ambientes uniformes y eficientes, mejorando el confort térmico de los cultivos y reduciendo el consumo energético en los sistemas de climatización [7,8]. Así, los ingenieros y agricultores pueden probar diferentes

diseños desde la computadora: mover ventanas, cambiar materiales de cubierta o probar extractores de aire lo que permite ahorrar en costos de construcción.

En Michoacán se han realizado estudios utilizando la herramienta CFD en la plataforma Ansys, con el objetivo de analizar la eficiencia en la producción de tomate durante todo el año bajo condiciones de agricultura protegida. Para ello, se desarrolló un modelo numérico basado en un invernadero del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes. El modelo consideró variables como la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa, registradas mediante sensores y una estación meteorológica. Los resultados confirmaron la confiabilidad del modelo para realizar estudios de comportamiento ambiental en invernaderos.

Se demostró que, construyendo un invernadero con ventilación pasiva eficiente, se puede mantener la temperatura ideal para el tomate (entre 10 y 30 °C) casi todo el año [5]. Además, se identificaron los meses críticos de marzo a junio cuando el calor supera el umbral máximo de temperatura del tomate y se requiere reforzar la ventilación (Fig. 1). En marzo (a) y junio (d) predominan los colores verdes y azules, lo que refleja un ambiente más fresco y homogéneo dentro del invernadero. En cambio, en abril (b) y especialmente mayo (c) se observa un incremento notable de temperatura, con amplias zonas amarillas y rojas concentradas hacia un extremo del invernadero, indicando acumulación de calor.



**Figura 1.** Distribución de temperatura (K) simulada a 2 m de altura en el invernadero 2 con datos de temperatura máxima mensual durante a) marzo, b) abril, c) mayo, d) junio [5]. La escala de colores representa la temperatura en Kelvin, donde los tonos azules indican las zonas más frías y los rojos las más cálidas.

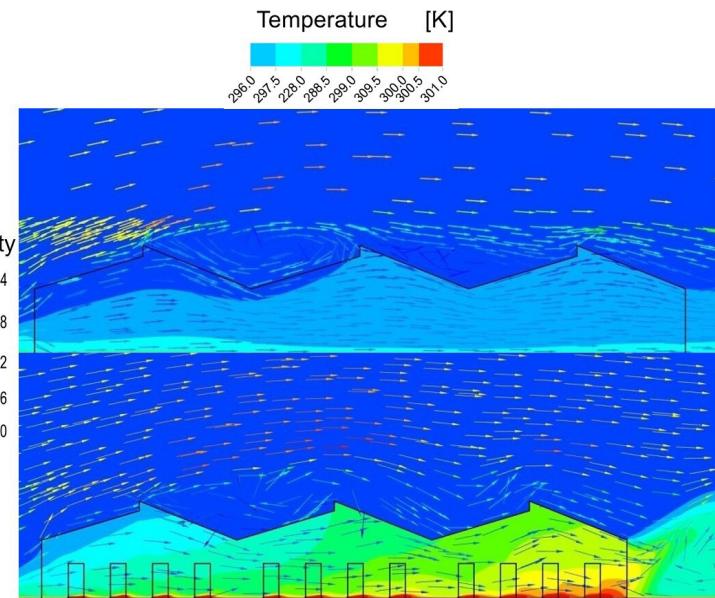
# Un invernadero bien diseñado produce más y gasta menos

Un punto clave que revelaron los resultados experimentales y simulados es que la forma y longitud del invernadero importan mucho. Si es demasiado largo, la renovación de aire se vuelve más lenta y se reduce la zonificación térmica. Lo ideal es que la longitud del invernadero no supere seis veces su altura (Fig. 2) [5]. También se demostró que la apertura total de las ventanas cenitales (las que están en el techo) y laterales puede mejorar la ventilación natural sin necesidad de costosos equipos de enfriamiento [9]. En la Figura 2 se muestra la distribución de temperatura y velocidad del aire en un invernadero. En la parte superior, sin cultivo, el flujo de aire es más rápido, lo que favorece una mejor ventilación y menores temperaturas. En la parte inferior, con cultivo, el viento se desplaza más lentamente debido a la resistencia del follaje, lo que provoca un incremento en la temperatura interna.

Todo esto se traduce en ahorro de energía y mayor rendimiento. Un diseño optimizado permite a los agricultores producir más, gastar menos y reducir su impacto ambiental [10,11]. Además, CFD permite prever escenarios futuros: ¿qué pasaría si cambia la dirección y velocidad del viento? ¿Cómo afectaría el aumento de la temperatura, debido al cambio climático? El modelo lo simula y da respuestas a estas y otras preguntas. La ciencia del aire aplicado al confort térmico y la productividad vegetal.

Gracias a estas simulaciones, la agricultura protegida se convierte en un sistema más inteligente. No se trata de construir un invernadero solo por construir, sino de diseñar un ambiente que trabaje a favor del cultivo. Actualmente, herramientas como CFD permiten planear mejor, corregir errores antes de construir y tomar decisiones basadas en datos, no en suposiciones [5].

En tiempos donde producir alimentos de forma sostenible es urgente, la tecnología se vuelve nuestra mejor aliada. Cultivar más y mejor, utilizando menos recursos, es posible cuando entendemos cómo fluye algo tan invisible y vital como el aire. Su integración en programas de extensión agrícola y capacitación pudiera traducirse en herramientas visuales y prácticas para los productores, facilitando decisiones informadas sobre ventilación, enfriamiento, diseño de invernaderos por zonas o distribución de cultivos. No obstante, la adopción de estas tecnologías enfrenta retos importantes, como la necesidad de personal capacitado, el acceso a equipo especializado y los costos asociados a licencias de software. Superar estas barreras requiere



**Figura 2.** Efecto que tiene la longitud y el cultivo sobre la temperatura (K) y velocidad del viento ( $\text{ms}^{-1}$ ). Los colores cercanos al rojo indican zonas con mayor temperatura y velocidades del viento más altas, mientras que los tonos azules representan áreas más frías y con velocidades más bajas. Elaboración propia

una visión integral que combine innovación tecnológica con formación y acompañamiento técnico en el campo. En el futuro, la incorporación de la inteligencia artificial permitirá automatizar el diseño y la optimización los sistemas ambientales en invernaderos, haciendo la simulación más accesible, rápida y útil para mejorar la eficiencia y competitividad en el sector agrícola. Sin embargo, para que esta transición sea efectiva y equitativa, es indispensable el impulso de políticas públicas que fomenten la adopción de tecnologías sostenibles, faciliten su acceso a pequeños y medianos productores, y promuevan la investigación aplicada en ingeniería agrícola y ambiental. Solo así la tecnología podrá convertirse en una herramienta real para alcanzar una agricultura más resiliente, eficiente y comprometida con el cuidado del planeta.

## Referencias bibliográficas

1. Lesk C, Rowhani P, Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 2016. 529(7584), 84-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature16467>
2. Argento S, Garcia G, Treccarichi S. Sustainable and Low-Input Techniques in Mediterranean Greenhouse Vegetable Production. *Horticulturae*, 2024, 10(9), 997. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090997>
3. de Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 2012, 87(3), 193-202. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512852>
4. Tap F. Economics-based optimal control of greenhouse tomato crop production. PhD Thesis, Wageningen University; 2000 [Consultado Jun 2025]. Disponible en: <https://scispace.com/papers/3jczmtfz4w>
5. Aguilar-Rodríguez CE, Flores-Velázquez J, Rojano-Aguilar F, Ojeda-Bustamante W, Iñiguez-Covarrubias M. Estimación del ciclo de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero, con base en grados días calor (GDC) simulados con CFD. *Tecnología y ciencias del agua*, 2020, 11(4), 27-57. Disponible en: <https://doi.org/10.24850/j-tca-2020-04-02>
6. Acevedo-Romero MM, Aguilar-Rodríguez CE, Hernández-Bocanegra CA, Ramos-Banderas JA, Solorio-Díaz G. Computational analysis of the effect of an external barrier on the ventilation and thermal performance of a greenhouse. *Agrociencia*, 2025, 1-17. Disponible en: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v59i4.329>
7. Acevedo-Romero MM, Hernández-Bocanegra CA, Aguilar-Rodríguez CE, Ramos-Banderas JA, Solorio-Díaz G. Vapor Pressure Deficit as an Indicator of Condensation in a Greenhouse with Natural Ventilation Using Numerical Simulation Techniques. *Sustainability*, 2025, 17, 1957. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su17051957>
8. Aguilar-Rodríguez CE, Flores-Velázquez J, Ojeda-Bustamante W, Iñiguez-Covarrubias M, Jesus Arzeta A. Innovación tecnológica basada en dinámica de fluidos computacional para el desarrollo de la agricultura protegida. III Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII, 2020, 1-9. Disponible en: <https://www.riego.mx/congresos/comeii2017/assets/documentos/ponencias/extenso/COMEII-17008.pdf>
9. Flores-Velázquez J, Vega-García M. Regional management of the environment in a zenith greenhouse with computational fluid dynamics (CFD). *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 2020, 11(1), 3-20. Disponible en: <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.04.007>
10. Jilani MNH, Mohapatra P. Computational fluid dynamics simulation of earth air heat exchanger combined with the Quonset type greenhouse to develop a sustainable controlled environment. *Geothermics*, 2024, 116, 102845. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2023.102845>
11. Sejun P, In-Bok L, Jeongwook S, Uk-Hyeon Y, Jeong-Hwa C, Cristina Decano V. Ventilation Rate Prediction in Naturally Ventilated Greenhouses Using a CFD-Driven Machine Learning Model. *ASABE*, 2025, 68(4), 573-589. Disponible en: <https://doi.org/10.13031/ja.16019>



## ¿Puede la tecnología llevar a Michoacán hacia un futuro sostenible?

Ismael Barrera Valdivia  
Universidad Centro Panamericano de Estudios  
Superiores

Contacto: [ismael.barrera@unicepes.edu.mx](mailto:ismael.barrera@unicepes.edu.mx)



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

Michoacán, con su gran biodiversidad y riquezas naturales, también enfrenta problemas ambientales graves como la deforestación, la contaminación del agua y la pérdida de especies. Pero aún hay esperanza, y la tecnología es una aliada para construir un futuro más sostenible. En este artículo conocerás historias reales, ideas innovadoras y soluciones tecnológicas que ya están haciendo la diferencia en el estado.

**Palabras clave:** Michoacán, sostenibilidad, tecnología.

Michoacán es un lugar que alberga volcanes, ríos, bosques y una biodiversidad asombrosa, pero también enfrenta grandes retos [1]. ¿Te imaginas perder toda esa riqueza natural por culpa de la contaminación o la tala desmedida? La buena noticia es que hoy, más que nunca, contamos con herramientas que pueden ayudarnos a cambiar esa historia. Una de ellas es la tecnología.

Hablamos mucho de sostenibilidad, pero ¿qué significa realmente? Imagina que la Tierra fuera una herencia familiar: si la cuidamos, nuestros hijos y nietos también podrán disfrutarla. Si la descuidamos, no quedará mucho que dejarles. La sostenibilidad es eso —vivir bien hoy, sin destruir lo que otros necesitarán mañana— [2].

Aquí es donde entra la tecnología, que no es solo computadoras o robots. También son las tecnologías, dispositivos y técnicas diseñadas para aprovechar los recursos naturales de manera eficiente y sostenible. En Michoacán, ya hay ejemplos reales de cómo esta tecnología está ayudando a cuidar el planeta. Vamos a conocer algunos.

## Energía que transforma vidas

Uno de los casos más inspiradores es el captador de agua solar en Cherán, Michoacán, este es un proyecto ambiental que pone en evidencia los beneficios, no solo ambientales, sino también económicos [3]. Es el captador más grande de América Latina con capacidad de almacenar 20 millones de litros. El sistema es sustentable y usa energía solar para su funcionamiento. Gracias a esta tecnología, tienen acceso a energía limpia y agua potable a bajo costo. Por ejemplo, un garrafón de 20 litros las empresas lo venden a \$36 MXN y gracias a este sistema tecnológico el precio es de \$13 MXN, dando un ahorro de aproximadamente 64%



**Figura 1.** Captador de agua en Cherán, Michoacán.  
Autor: Roberto Quintero. Obtenido de: La bartolina.  
<https://www.labartolina.com.mx/post/el-captador-de-agua-m%C3%A1s-grande-de-latinoamerica-est%C3%A1-en-cher%C3%A1n-michoac%C3%A1n>

El agua es un recurso cada vez más escaso. Por eso, es vital encontrar formas de cuidarla y reutilizarla. Continuando con Cherán, se ha puesto en marcha la planta tratadora de aguas residuales más equipada del estado. Esta planta purifica agua que antes se desperdiciaba, permitiendo su uso para riego o limpieza. [4] ¡Una solución tecnológica con impacto directo en la vida diaria!

En ciudades como Morelia o Uruapan, algunas oficinas y hogares han comenzado a usar tecnologías para ahorrar energía y reducir sus facturas eléctricas. La empresa LedSolar presentó un cálculo hipotético de carácter comercial, según su análisis la implementación de tecnologías como los paneles solares pueden generar ahorros de hasta el 95%, por ejemplo, en un consumo promedio de un hogar por \$4000 MXN al mes por el pago de electricidad, gracias a esta tecnología puede quedar en \$200 MXN, lo anterior representa un ahorro aproximado de \$45,000 MXN al año. [5]

## Transporte que no contamina

El transporte eléctrico ya no es un sueño. En Morelia, se están evaluando opciones reales para sustituir vehículos contaminantes por unidades eléctricas. Cambiar un solo autobús viejo por uno eléctrico puede reducir miles de toneladas de gases contaminantes cada año. Además, mejora la calidad del aire, algo que todos agradecemos. Y aunque los autos eléctricos personales ayudan, lo realmente transformador es un transporte colectivo limpio, eficiente y accesible para todos [6]. Para esto, podemos mencionar el proyecto del autobús eléctrico TARUK en Morelia. La Secretaría de

Movilidad y Desarrollo Urbano (SEDUM) y el Instituto del Transporte del Estado de Michoacán (ITransporte) están analizando la incorporación de unidades eléctricas en el transporte público. TARUK cuenta con un diseño hasta para 70 pasajeros, autonomía para 350 km y lo de mayor relevancia, cuenta con un diseño tecnológico que le permite cero emisiones [7]. Otro caso de importante a mencionar es el proyecto del teleférico también en Morelia, se busca es que el teleférico sea una alternativa de transporte con energía 100% limpia, se espera que este sistema de transporte genere un menor impacto negativo en el medio ambiente. También, se tendrán mejoras en el trayecto reduciendo un 45% en el tiempo de traslado, beneficiando aproximadamente a 354 mil personas. [8]



**Figura 2:** Transporte eléctrico Tauruk

Fuente: DINA. Obtenido de:  
<https://www.dina.com.mx/taruk-el-primer-autobus-electrico-disenado-en-mexico/>

## Basura que se convierte en oportunidad

¿Sabías que muchos de los residuos que tiramos pueden tener una segunda vida? En Michoacán, aún falta mucho por hacer en este tema, pero ya se habla de implementar la economía circular (aprovechar un residuo para hacer un nuevo producto) y las "3R" (reducir, reusar y reciclar). Por ejemplo, en Zamora Michoacán, se plantea que, con la ayuda de la tecnología, es posible separar, transformar y aprovechar residuos que hoy solo terminan en los tiraderos. Esto no solo cuida al ambiente, sino que también puede generar empleos e innovación local. [9]



**Figura 3.** Planta tratadora de residuos.

Fuente: MYCSA. Obtenido de:  
<https://mycsamulder.es/como-crear-planta-tratamiento-residuos-urbanos/>

## El rumbo a seguir

La tecnología no es enemiga de la naturaleza. Al contrario, si la usamos con responsabilidad, puede ser la gran aliada de la sostenibilidad. Sin embargo, no basta con tener las tecnologías antes descritas, también necesitamos voluntad, colaboración y políticas públicas que faciliten el acceso a ellas.

Para lograr un futuro más sostenible es necesario que las universidades, gobiernos, empresas y ciudadanía trabajemos en equipo. De esta forma podremos construir un Michoacán más verde, justo y próspero. El futuro está en nuestras manos, y al usar las diversas tecnologías proambientales, el cuidado y preservación de los ecosistemas puede ser una realidad.



## Referencias bibliográficas

1. Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2018. Semarnat. México. 2019.
2. Estrella, M., y González, A. (2017). Desarrollo sustentable: un nuevo mañana. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
3. Revista Portal inmobiliario. El captador de agua más grande de Latinoamérica está en Cherán, Michoacán. 18 de abril 2023. Disponible en:  
<https://www.elportalinmobiliario.com.mx/articulos/el-captador-de-agua-mas-grande-de-latinoamerica-esta-en-cheran-michoacan#:~:text=El%20sistema%20es%20sustentable%20y,el%20m%C3%A1s%20grande%20de%20Latinoam%C3%A9rica>.
4. Gobierno del Estado de Michoacán. Inaugura Torres Piña planta tratadora en Cherán; la más equipada de Michoacán. 6 de mayo 2023. Disponible en:  
<https://michoacan.gob.mx/noticias/inaugura-torres-pina-planta-tratadora-en-cheran-la-mas-equipada-de-michoacan/#:~:text=equipada%20de%20Michoac%C3%A1n-,Inaugura%20Torres%20Pi%C3%B1a%20planta%20tratadora%20en%20Cher%C3%A1n;%20la%20m%C3%A1s%20equipada,del%20gobernador%20Alfredo%20Ram%C3%ADrez%20Bedolla>
5. LedSolar. ¿Cuánto se ahorra con paneles solares en México? 2017 [Consultado el 22 de noviembre 2025]. Disponible en: de <https://www.ledsolar.com.mx/cuanto-se-ahorra-con-paneles-solares-en-mexico/>
6. Bustos, J. Transporte público eléctrico, la solución de movilidad: Investigador. El Sol de Morelia. 20 de marzo 2024. Disponible en:  
<https://oem.com.mx/elsoldemorelia/local/transporte-publico-electrico-la-solucion-de-movilidad-en-morelia-investigador-13318761>
7. Gobierno del estado de Michoacán. Autobús eléctrico 100 % mexicano inició pruebas hoy en Morelia. 16 de julio 2025. Disponible en:  
<https://michoacan.gob.mx/noticias/autobus-electrico-100-mexicano-inicio-pruebas-hoy-en-morelia-itransporte/>
8. Coordinación General de Comunicación Social. Mejor conectividad para todos en Morelia. 2025. [Consultado el 22 de noviembre 2025] Recuperado de: <https://michoacan.gob.mx/teleferico/teleferico-morelia.php>
9. Barrera Valdivia, I. Modelo sostenible para gestión de residuos sólidos inorgánicos en la región Valle de Zamora, Michoacán. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, 6. 2023;e318. Disponible en:  
<https://doi.org/10.46380/rias.vol6.e318>



## En camino a una dieta óptima para la rana toro

Jorge Fonseca Madrigal<sup>1</sup>, Sibila Concha Santos<sup>1</sup> y  
María Gisela Ríos Durán<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de investigaciones Agropecuarias y Forestales,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

\*Contacto: gisela.rios@umich.mx



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

La rana toro es un producto importante para la gastronomía por su carne magra, rica en proteínas. Su demanda crece en México y en otros mercados, pero la oferta no es suficiente para satisfacerla. Hoy, muchas granjas de cultivo de rana usan alimentos formulados para peces, lo que encarece la producción y puede asociarse con problemas de salud y mortalidad de los animales. Debido a la carencia de alimentos balanceados específicos para el cultivo de rana toro, investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo realizaron un estudio sobre los requerimientos nutricionales de esta especie. Sus resultados fueron prometedores y permitieron el desarrollo de un alimento específico para la rana, que mostró crecimiento más rápido y eficiente, mayor rendimiento de músculo en las ancas, mejora en la composición de la carne y reducción de los costos de producción. El diseño de alimentos específicos para la rana toro no solo hace viable y competitiva la ranicultura, sino que también ofrece un producto más saludable y consistente para el mercado. Los resultados de esta investigación indican que el desarrollo de dietas óptimas para la rana toro se encuentra en curso.

**Palabras clave:** rana toro, alimento balanceado, dieta óptima, ranicultura.

La rana toro (*Rana catesbeiana*) (Fig. 1) se cultiva en más de 40 países, incluido el nuestro, principalmente con fines de consumo alimenticio. Su explotación en granjas ha aumentado gracias a su capacidad de adaptación a distintos cuerpos de agua, su resistencia al manejo, su corto periodo de engorda y su alta fecundidad, características que la han convertido en la especie de rana más explotada en el mundo. En México y en otros países, la rana toro ha adquirido importancia económica como alimento y su carne se utiliza en diversos estilos de cocina, convirtiéndose en un manjar gastronómico a nivel internacional [1].



Figura 1. Rana toro adulta (imagen generada por ChatGPT)

Su cultivo se destina en gran medida a su producción para el consumo de carne, en especial de las ancas (patas traseras), y otros subproductos como la piel, aceite, hígado y harina representan una alternativa de mercado. En México, en los últimos años, la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) ha impulsado programas de producción de rana y, en la actualidad, la ranicultura en nuestro país produce alrededor de 228 toneladas anuales, con un valor superior a los 10 millones de pesos. A pesar de ello, aún la

tecnología de su cultivo se encuentra en desarrollo y la producción de este anfibio no satisface la demanda que existe a nivel nacional [2]. Actualmente no existen alimentos específicos para la especie y en el cultivo se utilizan alimentos balanceados diseñados para peces como la trucha, tilapia o bagre. En la etapa juvenil se suministran larvas de mosca combinadas con alimento balanceado para peces; posteriormente, en la etapa de engorda, se le proporciona únicamente el alimento balanceado, hasta llegar a la talla comercial (180 – 250 g por individuo). No obstante, los alimentos para peces no son óptimos para el buen crecimiento y la salud en las ranas, y al proporcionarlos, los animales presentan algunos problemas asociados a la alimentación, como malformaciones o hígado graso, además de aumentar la mortalidad en las etapas juveniles y de engorda. Por lo anterior, es importante desarrollar alimentos específicos para la rana toro, teniendo en cuenta que los alimentos para peces utilizados son costosos y, como ocurre en otros sistemas productivos, el alimento puede representar hasta el 60% de los costos de producción.

Para el año 2014 ya se conocía el requerimiento de proteína y grasas en las dietas para los renacuajos, juveniles tempranos y adultos jóvenes de la especie [3, 4, 5]. Debido a la problemática ya mencionada, investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, realizaron un estudio en el cual se logró diseñar un alimento específico para la engorda de rana toro con 40 % de proteína y 5 % de grasa, que cubre sus requerimientos proteínicos y energéticos, y que logra crecimientos mayores en las ranas que los obtenidos usando alimentos balanceados para trucha [6], dicho alimento ofrece excelentes resultados en el desempeño y la salud de estos anfibios, teniendo una muy buena aceptación por parte de las ranas y una mayor supervivencia.

Imagen generada por Adobe Firefly



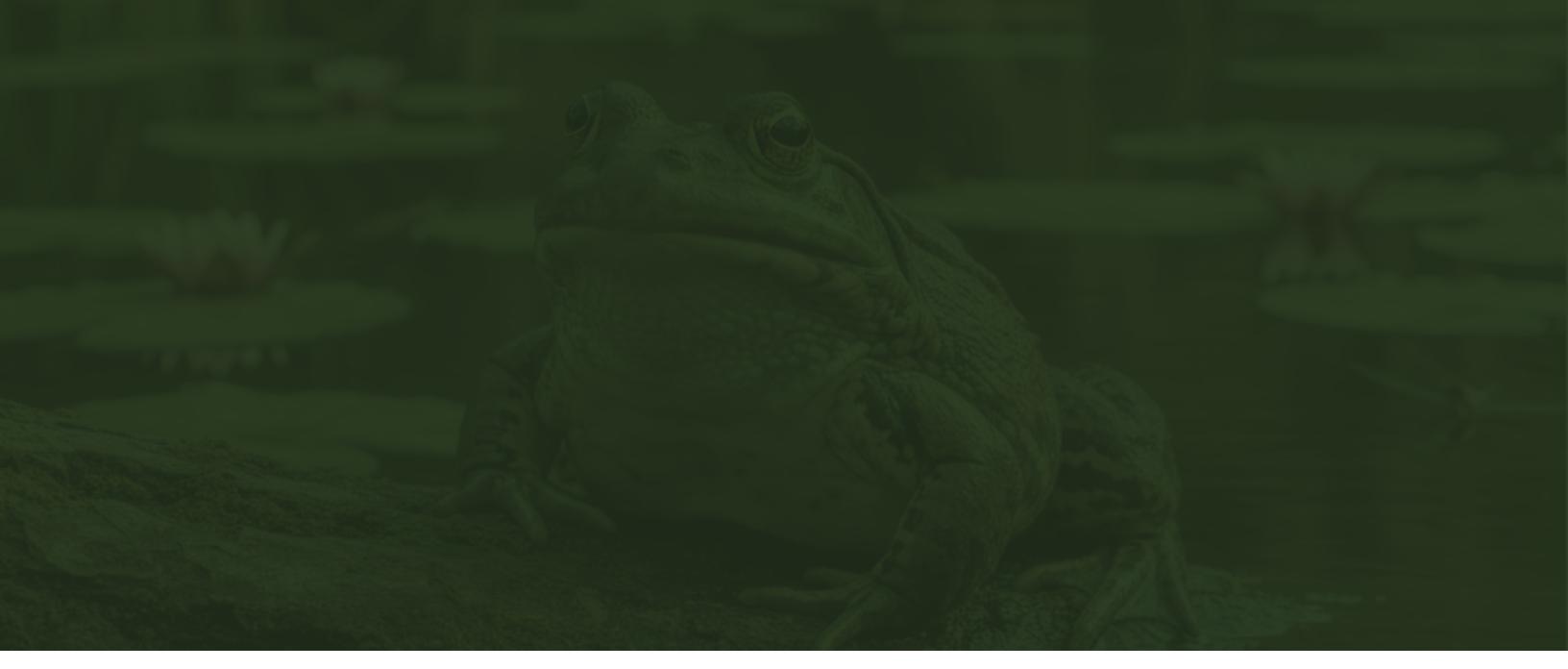
El incremento de tamaño se observó con especímenes del doble de peso y una mayor longitud que las ranas alimentadas con una dieta comercial para trucha, y tuvieron un incremento diario de peso tres veces mayor. Al cabo de 10 semanas, aquellas alimentadas con esta dieta alcanzaron 9 veces su peso inicial, mientras que las que consumieron alimento comercial para trucha solo triplicaron su peso en ese mismo tiempo. Otro resultado muy importante de este estudio, es que el peso de las ancas de las ranas que consumieron el alimento en cuestión, fue el doble que el de las ranas que consumieron alimento para peces, lo cual representa una gran ventaja a nivel comercial. También se encontró que las ranas tendrían que consumir el doble de alimento para trucha para alcanzar el mismo peso que las alimentadas con el alimento diseñado para la rana. Esto se traduce en una reducción de costos por gasto de alimento en la engorda de las ranas, al lograr buenos crecimientos con una menor cantidad de alimento. Por otro lado, se observó que las ranas alimentadas con la dieta diseñada presentaron un 10 % más de proteína y un 6 % menos de grasa corporal, lo que constituye una ventaja para su aprovechamiento como fuente nutritiva para el consumo humano.

Adicionalmente, desde el punto de vista de la salud de las ranas, se observó que los animales alimentados con dieta para trucha tenían hígado graso, conteniendo el doble de grasa tanto en el hígado como en el músculo, que los que consumieron la dieta para rana toro, en los cuales no se observaron hígados grasos. Por todo esto, en definitiva, no es recomendable continuar utilizando alimentos para peces en la producción de rana toro.

Proporcionar alimentos específicos para esta especie ofrece ventajas productivas y económicas en la ranicultura. Es claro que la formulación de alimentos balanceados específicos para la rana toro es necesaria para mejorar la producción de estos anfibios, su crecimiento, salud y supervivencia en cultivo. Aún es necesario realizar más investigaciones que permitan el desarrollo de dietas balanceadas más apropiadas que cumplan los requerimientos nutricionales en las diferentes etapas de desarrollo de esta especie promisoria para la acuicultura. Si queremos una ranicultura rentable, saludable y lista para escalar, hay que dejar los alimentos para peces y adoptar dietas diseñadas para la rana toro.



Imagen generada por Adobe Firefly



## Referencias bibliográficas

1. FAO. Rana catesbeiana. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Flores Nava, A. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New; 2009. CD-ROM (multilingual).
2. Diario Oficial de la Federación (DOF). Segunda sección, miércoles 16 de junio del 2012. pp 63. Disponible en:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308110/02rana\\_toro.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308110/02rana_toro.pdf)
3. Olvera-Novoa MA, Ontiveros-Escutia VM & Flores-Nava A. Optimum protein level for growth in juvenile bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). Aquaculture, 2007 (266): pp. 191-199. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.013>
4. Carmona-Osalde C, Olvera-Novoa MA, Rodríguez-Serna M & Flores-Nava A. Estimation of the protein requirement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles, and its effect on metamorphosis ratio. Aquaculture, 1996 (141): pp. 223-231. Disponible en:  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01232-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01232-X)
5. Huang KK, Zhang, CX, Wang L, Song K & Huang F. Effect of dietary protein and lipid levels on growth of bullforg (*Rana catesbeiana*). Journal of Fisheries of China, 2014 (38): pp. 877-887. Disponible en:  
<https://www.scielo.br/j/rbz/a/GdjPTvwwZndh7G5pyhG6LWc/?format=pdf&lang=en>
6. Fonseca-Madrigal J, Andrade-López TS, Martínez-Palacios CA, Chávez-Sánchez MC, Olvera-Novoa MA, Navarrete-Ramírez P, Raggi L, Martínez-Chávez CC, Concha-Santos S & Ríos-Durán MG. Effect of dietary protein:lipid ratio on growth and body composition in bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). Revista Brasileira de Zootecnia, 2023 (52):e20220104. Disponible en: <https://doi.org/10.37496/rbz522022010410.37496/rbz5220220104>



## **Importancia del maíz criollo y su aporte nutrimental en Ocampo, Michoacán**

Patricia Torres Solórzano<sup>1</sup>, Viviana Melgoza Esparza<sup>1</sup>, Alfonso Luna Cruz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

\*Contacto: alfonso.luna@umich.mx



## Resumen

El maíz criollo es una fuente importante de nutrientes en la dieta, especialmente para las comunidades rurales. En el municipio de Ocampo, Michoacán, los productores conservan estos maíces mediante la selección de semillas adaptadas a sus suelos y clima. Estudios fisicoquímicos recientes revelan que el contenido de minerales en estas variedades locales, como hierro y fósforo, puede ser superior al de algunos maíces híbridos. Este hallazgo es fundamental, ya que la dieta de las familias de la región depende en gran medida de este grano, destinado al autoconsumo y a la alimentación animal. Los resultados refuerzan el valor nutricional de los maíces criollos y buscan incentivar su conservación generacional mediante estrategias agroecológicas, en lugar de reemplazarlos por siembras de híbridos. Su conservación no es solo un acto cultural, sino una estrategia de soberanía alimentaria.

**Palabras clave:** Maíz criollo, minerales, aporte nutrimental, Ocampo, Michoacán.

El municipio de Ocampo se localiza al oriente del estado de Michoacán, en las coordenadas 19°35' de latitud norte y 100°20' de longitud oeste, a una altura de 2,300 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Aporo y Angangueo, al este con el Estado de México, al sur con Zitácuaro y al oeste con Tuxpan.

## ¡Importancia del maíz en México y el mundo!

De las siete mil especies de plantas cultivadas en el mundo, solamente 30 cultivos, incluidos el trigo, el arroz y el maíz, proporcionan alrededor del 90% del alimento de la población mundial [1]. En México, el maíz es el cereal de mayor consumo y tiene un alto valor cultural y social, conserva una gran variedad genética debido a los diferentes tipos de cultivos nativos y técnicas utilizadas para lograr maíces diversos en cuanto a tamaño, colores y formas, calidad del grano, tolerante a plagas y enfermedades, destacando su alto valor biológico y genético [2]. Los pequeños productores, a través de sus técnicas de producción tradicional, se caracterizan por el uso mínimo de fertilizantes químicos y plaguicidas, y por reducir el uso de maquinaria. Algunas labores como el aporque (arrime de suelo a las plantas para mejorar el anclaje de raíces), prefieren realizarlas con yunta de caballos. De esta manera, contribuyen activamente en la preservación, conservación, diversificación, producción y generación de variedades locales de maíz. Además, a través de múltiples ciclos de cultivo, fomentan la variedad genética del cultivo de maíces criollos.

El maíz criollo es una población de plantas, típicamente heterogéneas genéticamente, comúnmente desarrolladas en la agricultura tradicional a través de la selección directa realizada

durante muchos años, y que están adaptadas a condiciones locales específicas [3]. Por otro lado, el maíz híbrido es aquel que se produce mediante polinización cruzada de dos líneas puras, normalmente de poblaciones progenitoras no relacionadas. Generalmente, esto resulta en plantas de alta uniformidad, vigor y rendimiento [4].

El maíz se consume en casi todo el mundo, incluido México, de diversas formas: como verdura cuando está tierno, en forma de elote, o el grano seco preparado en múltiples modalidades. Del total cultivado, el 14% se realiza bajo riego, el resto, 86%, corresponde a áreas de temporal, principalmente a cargo de pequeños productores que cultivan para el autoconsumo.

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) [5], en el año 2019, la superficie sembrada con maíz en Michoacán fue 604,049 hectáreas con semilla mejorada o híbridos (87.4 %) y 87,182 ha con semilla criolla (12.6%). Sin embargo, nuestro país importa grandes cantidades, principalmente amarillo, para satisfacer la demanda de consumo o industria [6], esta situación debería revertirse para generar mejores condiciones de producción y dejar de depender del extranjero.

## ¿Qué se hace en Ocampo, Michoacán?

En el año 2022 se inició un proyecto en Ocampo, Michoacán, con el objetivo de estudiar las características físicas y nutrimentales del maíz criollo en la región, así como sus usos y forma de producción. Los productores expresaron que cada uno conserva su variedad criolla; es decir, la semilla de maíz que han seleccionado durante muchos años y se encuentra adaptada a las condiciones específicas de sus parcelas (Fig. 1). Esta semilla se ha sembrado por muchas generaciones, desde los abuelos o bisabuelos. No obstante, los productores platican con nostalgia que sus hijos ya no desean arar la tierra. Prefieren dedicarse a otros oficios, salir a estudiar a la ciudad y no regresar, o bien cambiar el cultivo de maíz criollo por otros más rentables, como las frutillas o el aguacate. Sin embargo, una entrevista realizada a 100 productores reveló que el 99% de ellos aún conservan la tradición de sembrar el maíz criollo en condiciones de temporal, con un rendimiento que oscila entre 2.5 y 3.0 toneladas por hectárea. El maíz no solo lo destinan para el consumo humano, también lo aprovechan para alimentar gallinas, caballos, borregos, chivos y cerdos, ya sea el grano o la parte vegetativa conocido como forraje.



Además, el estudio identificó que las variedades criollas predominantes en la región son las denominadas como cónico, arrocillo, chalqueño, entre otras de menor importancia en la región; estas suelen distinguirse por su diversidad de colores, entre los que destacan el blanco, el azul y el rojo (Fig. 2).



**Figura 2.** Diversidad de variedades de maíz criollo en Ocampo, Michoacán. Fuente: propia 2022.

En las comunidades del municipio de Ocampo, el 89% de la población no conoce cuál es el aporte nutrimental del maíz que consumen, y el resto, nunca ha realizado un análisis; sin embargo, existe una percepción positiva del maíz criollo, al que atribuyen “muchos nutrientes”, aunque reconocen: “No sabemos qué nutrientes del maíz consumimos, pero sabemos qué es mejor que los híbridos”.

**Figura 1.** Sr. Efraín García mostrando su variedad de maíz criollo en el municipio de Ocampo, Michoacán. Fuente: propia (2022).

En el estudio, se analizaron tres variedades de maíz cónico en colores rojo, azul y blanco, para su caracterización nutrimental. Los resultados indican una tendencia similar en el contenido de potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso. No obstante, el fósforo y cobre estuvieron presentes en mayor cantidad en el maíz de color rojo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Aporte nutrimental de maíz criollo de Ocampo, Michoacán.

Fuente: elaborado con datos propios (2022).

variedad maíz cónico	mg/100 g						mg/kg
	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Cobre	Manganeso	
Blanca	227.86	30.05	107.94	5.79	1.61	2.23	861.86
Azul	202.7	29.98	111.94	4.78	1.42	2.15	968.40
Roja	230.4	29.02	125.88	7.56	20.84	1.62	1,528.04

Es común que los pequeños productores de maíz criollo siembren más de una variedad, es decir, en sus parcelas suele encontrarse maíz de color blanco, azul, amarillo, rojo o de múltiples colores; esta forma de producción amplía el abanico de oportunidades para el consumo de nutrientes provenientes del maíz criollo. De forma particular, se destaca el mayor contenido de hierro y fósforo en los maíces criollos de Ocampo, Michoacán, con respecto a lo reportado en maíz híbrido en Yucatán, México (Tabla 2) [7].

Híbrido	mg/100 g					mg/kg
	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Fósforo	
Chichen Itzá	261.61	10.59	108.11	4.03	337.09	
Sac Béh	268.78	9.45	103.94	4.28	334.90	

**Tabla 2.** Contenido nutrimental en dos variedades de maíz híbrido en Yucatán, México.

El fósforo es necesario para la mineralización de los huesos, la formación de dientes y para la producción de energía[8], por lo que su consumo en la dieta es de gran valor.

De acuerdo con diversos investigadores, es posible constatar la similitud del aporte nutrimental entre el maíz criollo y algunos maíces híbridos. Incluso, los criollos suelen presentar mayor contenido de diversos minerales, como lo muestra

el caso de los maíces criollos pigmentados que contienen más hierro que los híbridos comerciales [9].

La calidad química de la semilla de maíz está determinada por la composición genética de cada material, los ambientes de crecimiento y las condiciones de manejo agronómico [10]. La importancia de este acontecimiento radica en su forma de producción, es decir, mientras los híbridos

se cultivan con el uso extensivo de agroquímicos y con el uso de maquinaria, los maíces criollos se cultivan en superficies pequeñas y con el uso mínimo o nulo de productos agroquímicos, esto permite conservar los suelos en mejores condiciones, tanto físicas como microbiológicas, así como el entorno de las parcelas.

Esta información ha sido fundamental para los productores de Ocampo, Michoacán, pues les permite mantener el interés por conservar los maíces criollos en sus comunidades. Además, buscan aumentar la calidad nutrimental del grano, mediante estrategias agroecológicas amigables con el ambiente. Para ello, se han aislado y caracterizado microorganismos asociados a las raíces del maíz criollo, conocidas como rizobacterias. Estos microorganismos son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y hacerlo disponible para que las raíces lo absorban, estimulando el crecimiento de las hojas, raíces (mayor densidad de pelos radiculares absorbentes) y frutos, además de facilitar la disponibilidad de minerales en el suelo, como fósforo y calcio, esenciales para el desarrollo y producción de las plantas. De esta forma, se pretende incrementar la absorción y acumulación de nutrientes en el grano. ¡Pero esta será otra gran historia!

## Conclusión

El maíz criollo es una fuente importante de nutrientes, especialmente para las comunidades rurales. En Ocampo, Michoacán, este cultivo se ha conservado por años, aunque muchos productores desconocían su aporte nutrimental detallado. Los análisis fisicoquímicos realizados les han dado mayor claridad sobre lo que consumen, motivándolos a preservar sus variedades al saber que su maíz puede tener un mayor contenido mineral que algunos híbridos. Sobre todo por la diversidad genética de variedades que cada uno tiene, los ambientes de producción y adaptación a las condiciones ambientales y al proceso de producción el cual se sustenta en la conservación del suelo y el equilibrio ambiental.

Conservar y mejorar la calidad del grano con prácticas agroecológicas, como el uso de microorganismos benéficos, se presenta como la alternativa para lograrlo. Los maíces criollos de Ocampo son, así, una fuente de nutrientes y diversidad genética. Su conservación no es solo un acto cultural, sino una estrategia de soberanía alimentaria. ¿Cómo apoyar? Consumiendo local, exigiendo políticas que protejan estas variedades y difundiéndole su valor. La próxima tortilla que comas podría ser parte de esta historia.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por el apoyo a través del proyecto 321283 y a la comunidad del Soldado Anónimo, Ocampo, Michoacán.



## Referencias bibliográficas

1. United Nations. Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity at its ninth meeting. Convention on Biological Diversity, 2008. pp. 1-3. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-09/cop-09-dec-28-en.pdf>
2. Massieu TY, Lechuga MJ. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. Revista Análisis Económico, 2002, 17(36): pp. 281-303. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41303610>
3. Wright M, Turner M . Seed Management Systems and Effects on Diversity. In: Wood D, Lenne JM. Editors. Agrobiodiversity. Characterization, Utilization and Management. Oxon, UK: CABI Publishing, 1999. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19991607916>
4. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Preguntas frecuentes. . ¿Hay alguna diferencia entre los cultivos híbridos y los genéticamente modificados? (Internet). Ciudad de México, CIMMYT. 2025. Disponible en: <https://www.cimmyt.org/es/preguntas-frecuentes/>
5. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadística de uso tecnológico y de servicios en la superficie agrícola (Internet). Ciudad de México: SIAP; 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
6. Reyes-Santiago E, Bautista-Mayorga F, García-Salazar JA. Análisis del Mercado de maíz en México desde una perspectiva de precios. Acta Universitaria, 2021, 32(1): pp. 1-16. Disponible en: <https://doi.org/10.15174/au.2022.3265>
7. Chan-Chan M, Moguel-Ordoñez Y, Gallegos-Tintoré S, Chel-Guerrero L, Betancour-Ancona D. Caracterización química y nutrimental de variedades de maíz (*Zea mays L.*) de alta calidad de proteína (QPM) desarrolladas en Yucatán, México. Biotecnia, 2022, 23(2): pp. 11-21. Disponible en: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1334>
8. Martínez I, Saracho R. El fósforo y sus implicaciones clínicas. Nefrología, 2020. 29(1): pp. 41-50. Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com/es-pdf-X2013757509001944>
9. Cortez AMJ, Ayala CD. Contenido de proteína, hierro y zinc en maíces criollos salvadoreños. Realidad y Reflexión, 2020, 51(1): pp. 25-35. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///D:/Users/Pavilion/Downloads/jlozano,+Contenido+de+prote%C3%ADna%20\\_maiz%20criollo.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///D:/Users/Pavilion/Downloads/jlozano,+Contenido+de+prote%C3%ADna%20_maiz%20criollo.pdf)
10. Oviedo-Campos E, Ruiz-Torres NA, López-González JJ, Burciaga-Dávila HC. Análisis de los atributos químicos de poblaciones de maíz criollo. Agraria, 2013, 10(3): pp. 89-96. Disponible en: <https://doi.org/10.59741/agraria.v10i3.470>



## Aprendizaje inmersivo, innovación tecnológica en el aula

**Ana Karen Camacho Rodríguez<sup>1\*</sup>, Alejandro  
Medina Tovar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán,

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro

\*Contacto: akarencamachorod@utom.edu.mx



Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

La Realidad Aumentada (RA) se ha convertido en una herramienta emergente con potencial para transformar el aprendizaje en la educación básica, al ofrecer experiencias visuales e interactivas que fortalecen la comprensión y la motivación estudiantil. Este artículo analiza el impacto educativo de la RA desde tres perspectivas: docentes, familias y estudiantes. Para los docentes, representa un recurso para diseñar actividades inmersivas que favorecen la construcción activa del conocimiento. Para las familias, es una oportunidad de acompañar el aprendizaje mediante un uso responsable de la tecnología. Para los estudiantes, la RA facilita la exploración práctica de conceptos difíciles, promoviendo la curiosidad y la participación. Asimismo, se reflexiona sobre las limitaciones vinculadas a la brecha digital y sobre la importancia de integrar esta tecnología en políticas públicas y plataformas educativas institucionales. El artículo enfatiza la necesidad de un uso pedagógico, seguro y supervisado de la RA.

**Palabras clave:** Realidad aumentada, tecnología educativa, aprendizaje inmersivo.

# **El Mundo ha Cambiado y con él también las Formas de Aprender**

Quienes nacimos en los años ochenta o noventa recordamos cómo eran nuestras aulas y, sobre todo, la manera en que aprendíamos. Podíamos imaginar un pupitre de madera, cuadernos de espiral o con grapas, colores y, por supuesto, un bicolor para resaltar las mayúsculas en rojo. Pero ¿qué pasaba con las clases de artes y ciencias? El aprendizaje se basaba en ir a la papelería por láminas, transcribir resúmenes y pegar fotografías. Si bien esto dejaba espacio para pensar e imaginar, no existía la posibilidad de conocer cómo está constituido el cuerpo humano, cómo se ve realmente la lava de un volcán en erupción o, incluso, soñar con tener la luna en nuestras manos.

El proceso educativo cambia y con él también la manera de aprender y enseñar. Antes era común encontrar en los portones de las escuelas letreros con mensajes como “material para mañana”, “suspensión de clases” o “reunión de padres de familia”. Ahora esa información llega a través de grupos de mensajería instantánea, plataformas digitales o comunicados electrónicos. Desde ese punto, la comunicación en la educación cambió. Antes, los padres sabían que los avisos se colocaban en el portón de la escuela; ahora requieren un dispositivo móvil, una aplicación de mensajería y estar dentro de un grupo digital de comunicación. Incluso en esta actividad tan simple la tecnología se hace presente en la educación. Es importante diferenciar entre tecnología en general y tecnologías digitales. La primera se refiere al uso de herramientas, métodos o procesos creados por el ser humano para facilitar el aprendizaje, como los pizarrones, los mapas o los

modelos tridimensionales. En cambio, las tecnologías digitales corresponden a aquellas herramientas electrónicas que procesan información en formato digital, como las aplicaciones, los dispositivos móviles, el internet, la inteligencia artificial (IA) o la realidad aumentada (RA). Esta distinción ha sido ampliamente señalada en la literatura sobre educación mediada por tecnología [1].

Siguiendo esta línea, la intención comunicativa en la educación no ha cambiado: lo que se ha transformado es la forma de presentar los mensajes, potenciando su alcance y comprensión. Lo mismo ocurre con la RA, que convierte la información en experiencias interactivas y multisensoriales que fortalecen el aprendizaje.

Sin embargo, cuando hablamos de escenarios más amplios, distintas herramientas emergentes, como la RA, han captado la atención de educadores e investigadores por su potencial para mejorar la experiencia educativa. La RA se define como “una tecnología que superpone objetos digitales, como sonidos, imágenes, animaciones y videos, sobre un entorno real a través de dispositivos electrónicos, como un celular o una tableta”, esta definición coincide con la caracterización ampliamente aceptada en la literatura especializada [2]. Esto enriquece el entorno físico del usuario, ya que puede ver a su alrededor el piso, la pared, y, mediante el dispositivo móvil, observar animaciones o contextualizaciones que complementan la realidad.

La RA ha sido reconocida como una tecnología que integra entornos físicos y digitales para generar experiencias educativas inmersivas y motivadoras. Diversos estudios han demostrado que la RA permite a los estudiantes interactuar con los contenidos de manera activa, favoreciendo la construcción de aprendizajes significativos [3]. También se ha documentado que esta tecnología transforma el aula en un espacio interactivo que facilita la exploración de fenómenos complejos sin riesgos ni limitaciones físicas [4]. Asimismo, investigaciones recientes señalan que el uso de RA en asignaturas como biología mejora la comprensión de estructuras y procesos, al tiempo que incrementa la motivación y el desempeño académico de los estudiantes [5].

La RA permite combinar elementos del mundo físico y digital para crear experiencias de aprendizaje inmersivas. Por ejemplo, un alce virtual puede ser observado desde distintos ángulos y en tamaño real, facilitando la comprensión de su anatomía y comportamiento sin necesidad de trasladarse a un zoológico. Otras aplicaciones accesibles, como Google Maps o Google

Translate, también pueden utilizarse para ilustrar conceptos geográficos o lingüísticos de manera interactiva, mientras que la aplicación del Banco de México permite analizar billetes y monedas en un contexto educativo financiero. Sin embargo, la RA no sustituye la pedagogía ni la interacción humana, y su efectividad depende de un diseño pedagógico adecuado, capacitación docente y disponibilidad tecnológica. La sobreexposición o el uso sin supervisión pueden limitar el aprendizaje o generar dependencia de la tecnología.

La RA mezcla componentes virtuales con el entorno real, brindando nuevas maneras de interacción y entendimiento. El mundo ha evolucionado, al igual que los métodos de aprendizaje. La generación actual crece inmersa en pantallas, estímulos visuales y una interacción constante. Esto plantea un importante desafío para la educación, seguir siendo relevante, accesible y viva. La realidad aumentada aparece como una posible solución, no por ser novedosa o complicada, sino porque se comunica en el mismo lenguaje visual, dinámico e inmersivo que los niños comprenden hoy.



Imagen generada por Adobe Firefly

Dice una frase común que si queremos aprender “a hacer algo” la práctica siempre hará al maestro, esto es precisamente lo que busca la RA. Al ser una herramienta multimedia, convierte el contenido en algo visual y entretenido. En lugar de solo leer, escuchar, recortar o dibujar, los estudiantes pueden interactuar con modelos en 3D, como células o planetas, que pueden mover y explorar desde todos los ángulos. De esta manera, se genera una experiencia de aprendizaje mucho más completa que simplemente pintar esferas de unicel y memorizar el orden de los planetas.

La RA hace que las clases sean más interactivas y participativas. Los alumnos no solo se quedan viendo y escuchando, sino que pueden tocar, mover o armar objetos con la ayuda del dispositivo. Esto incrementa su interés y mejora la retención de lo aprendido. Además, cada estudiante puede avanzar a su propio ritmo y profundizar en los temas de acuerdo con sus intereses o dificultades, lo que permite que nadie se quede atrás.

En distintos entornos educativos se ha probado la RA, y los resultados sugieren que los estudiantes que la utilizan suelen comprender mejor los contenidos e, incluso, alcanzar un desempeño académico más alto [8]. Esta tecnología es especialmente útil en materias que requieren práctica, ya que permite realizar simulaciones sin necesidad de utilizar equipos complicados o peligrosos. No obstante, es importante no idealizar la RA.

Sin embargo, Radianti, Majchrzak, Fromm y Wohlgennant [7] señalan que la implementación de la RA presenta diversos desafíos, entre ellos los costos de los dispositivos, la necesidad de formar adecuadamente al profesorado y el riesgo de generar sobrecarga cognitiva cuando no existe una planificación pedagógica adecuada. A partir de ello, se reconoce que el potencial de la RA en la educación es considerable, pero su impacto real depende de un uso estratégico que articule la innovación tecnológica con objetivos pedagógicos claros, garantizando que la tecnología complemente los procesos de enseñanza en lugar de sustituirlos.

Que los estudiantes mejoren su comprensión o sus calificaciones no depende únicamente de la tecnología, sino también de cómo esta se integra en el proceso pedagógico y de la calidad de la planificación educativa. Por ejemplo, en la Figura 1 se muestra la visualización del Sol en una

aplicación propia de Realidad Aumentada del sistema solar. Esta herramienta permite a los alumnos interactuar con la forma, el tamaño y la posición relativa del Sol respecto a los demás planetas, facilitando la comprensión de conceptos astronómicos de manera práctica y significativa.

Al combinar la visualización inmersiva con actividades pedagógicas planificadas, la RA contribuye a que el aprendizaje sea más activo y participativo. Investigaciones recientes también han demostrado que las aplicaciones de RA incrementan la motivación y la retención del aprendizaje al presentar la información de forma visual, manipulable y contextualizada, permitiendo que los estudiantes conecten conceptos abstractos con experiencias concretas [8].



**Figura 1. Visualización del Sol en Realidad Aumentada.** La imagen muestra la representación del Sol mediante una aplicación de Realidad Aumentada en un dispositivo móvil. Esta herramienta permite a los estudiantes interactuar con su forma, tamaño y posición relativa en el sistema solar, favoreciendo un aprendizaje más visual, práctico e inmersivo. Elaboración propia.

La RA no solo cambió la era tecnológica, sino que también impactó directamente en el proceso educativo, al combinar entornos físicos y digitales y ofrecer una nueva manera de enseñar y aprender. Esta tecnología permite despertar la curiosidad en los estudiantes, generar conocimientos significativos y transformar un aula tradicional en un espacio de aprendizaje inmersivo. La educación no solo consiste en transmitir información, sino en estimular la capacidad de los estudiantes para explorar, cuestionar y construir conocimiento por sí mismos.

La tecnología, como la RA, ofrece herramientas que permiten generar experiencias educativas inmersivas y atractivas, adaptadas a las necesidades cognitivas de los niños, sin limitar ni subestimar su potencial. Un ejemplo de esto se observa en la Figura 2, se presentan un modelo de alce mediante una aplicación de Realidad Aumentada de desarrollo propio, explorando sus características de manera autónoma y participativa.



La RA no solo es una herramienta tecnológica, sino una oportunidad para consolidar conocimientos y experiencias, pasando de la teoría a la práctica. Educar siempre ha sido un acto de sembrar conocimiento con convicción, y ahora, gracias a la tecnología, esto no se logra únicamente con palabras, pizarras, cuadernos o maquetas, sino mediante experiencias interactivas y significativas que trascienden los límites del aula. El lograr despertar la curiosidad en los estudiantes es esencial para que puedan desarrollar competencias cognitivas y habilidades de resolución de problemas. Al integrar experiencias interactivas, como simulaciones o entornos virtuales, se logra que el aprendizaje sea activo y significativo, superando las limitaciones de métodos tradicionales basados únicamente en memorizar conceptos.

De hecho, algunas editoriales comerciales ya han integrado recursos inmersivos en sus materiales, pero su alcance todavía es limitado y no logra llegar a la mayoría de los estudiantes del país. En Michoacán, por ejemplo, proyectos impulsados en ferias de ciencia e innovación del ICTI han mostrado cómo los estudiantes universitarios desarrollan aplicaciones de RA que explican fenómenos astronómicos o biológicos de manera accesible y atractiva para niños de primaria y público en general. Así como se muestra en la Figura 3, alumnos de la Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán presentan al público en general en evento de Divulgación Científica el uso lúdico de la Realidad Virtual.

**Figura 2. Interacción con modelo de alce de espejos en aplicación de Realidad Aumentada.** La aplicación de Realidad Aumentada permite visualizar un alce de manera inmersiva, integrando entornos físicos y digitales para ofrecer una experiencia de aprendizaje activa. Esta interacción estimula la curiosidad y permite explorar características del animal (como tamaño, forma y comportamiento) de forma autónoma, favoreciendo la construcción de conocimiento significativo sin necesidad de contacto directo ni desplazamiento al hábitat natural. La aplicación es un desarrollo propio que demuestra cómo la tecnología puede transformar un aula tradicional en un espacio educativo interactivo y adaptado a las necesidades cognitivas de los estudiantes. Elaboración propia.

Estas experiencias locales demuestran que, aun con recursos limitados, es posible generar propuestas innovadoras desde la región, siempre que exista acompañamiento institucional y vinculación educativa. Así, el reto no solo está en aprovechar el desarrollo de estas herramientas, sino en garantizar que todos los niños y jóvenes tengan la posibilidad de vivirla. UNESCO ha resaltado que la inclusión equitativa de tecnologías emergentes, como la RA, requiere políticas educativas que fortalezcan la infraestructura, la formación docente y el acceso tecnológico para reducir las brechas existentes y asegurar un impacto real en los aprendizajes [9]. Promover el desarrollo intelectual desde los primeros años permite que los estudiantes construyan una base sólida de conocimiento y habilidades cognitivas. A través de experiencias educativas innovadoras, se logra que los conceptos teóricos se conviertan en aprendizajes aplicables y relevantes, fortaleciendo la comprensión y retención de la información. La combinación de tecnología y pedagogía activa potencia la capacidad de los niños para aprender de manera significativa, asegurando que la educación vaya más allá de la transmisión de información y se convierta en un proceso de construcción de conocimiento.

La RA ofrece grandes oportunidades en la educación, al transformar aulas tradicionales en espacios inmersivos y permitir que los estudiantes exploren conceptos complejos de manera interactiva y autónoma. Sin embargo, su implementación no está exenta de desafíos. Es necesario considerar aspectos como el costo de los dispositivos, la capacitación docente, la sobrecarga cognitiva de los estudiantes y la dependencia tecnológica, que pueden limitar su efectividad si no se planifica adecuadamente. En México, diversos autores han señalado que la incorporación efectiva de la RA requiere no solo



**Figura 3. Exposición de proyecto lúdico de Realidad Aumentada.**

Estudiantes interactúan con demostraciones de Realidad Aumentada durante una feria de ciencias y tecnología en Morelia Michoacán. La escena capta el entusiasmo y la inmersión en las nuevas tecnologías educativas, resaltando el potencial de la RA para transformar el aula y fomentar el aprendizaje innovador. Elaboración propia.

acceso a tecnología, sino también una sólida formación docente que permita integrar estas herramientas desde un enfoque pedagógico y no únicamente técnico [10].

Reflexionando, se considera que la RA tiene un potencial enorme para enriquecer el aprendizaje, pero solo será realmente efectiva si se integra de manera pedagógica, equilibrando la innovación tecnológica con estrategias educativas que fomenten la comprensión profunda, la curiosidad y la capacidad de análisis de los estudiantes. Las aplicaciones de RA pueden ser herramientas transformadoras, siempre que se diseñen pensando en los objetivos educativos y no solo en la novedad tecnológica.

La Realidad Aumentada no debe entenderse únicamente como una herramienta tecnológica, sino como una oportunidad estratégica para fortalecer las políticas públicas en educación. Su implementación puede integrarse en los programas institucionales que impulsen la innovación social y tecnológica. Incluir experiencias inmersivas en los Libros de Texto Gratuitos, en plataformas digitales nacionales o en proyectos estatales de innovación permitiría democratizar el acceso y reducir la brecha digital. Así, la RA puede trascender las aulas piloto y convertirse en una política educativa que favorezca la equidad, la creatividad y el pensamiento crítico en las nuevas generaciones.

## Referencias bibliográficas

1. Area Moreira M. Tecnologías digitales y educación: hacia un nuevo ecosistema de aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*. 2018;76(1):17–34.
2. Azuma R. Una revisión de la realidad aumentada. *Comunicación y Sociedad*. 2015;24(1):129–152.
3. Billinghurst M, Duenser A. Augmented reality in the classroom. *Computer*. 2012;45(7):56-63. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>
4. Wu HK, Lee SWY, Chang HY, Liang JC. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*. 2013;62:41–49. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
5. Ibáñez MB, Delgado-Kloos C. Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*. 2018;123:109–123. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
6. Muñoz-Cristóbal JA, Jorrín-Abellán IM, Asensio-Pérez JL, Martínez-Monés A. Uso de la realidad aumentada para la mejora del aprendizaje en contextos educativos. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. 2017;20(2):207–226.
7. Radianti J, Majchrzak TA, Fromm J, Wohlgemantl I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*. 2020;147:103778. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
8. Bacca J, Baldiris S, Fabregat R, Graf S, Kinshuk. Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*. 2014;17(4):133-149. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.133>
9. UNESCO. Technologies for Education: Achievements and Challenges. Paris: UNESCO; 2020 [Consultado 20 Nov 2025]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377078>
10. Cabero Almenara J, Barroso Osuna J. La realidad aumentada y la formación del profesorado: posibilidades y propuestas. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. 2016;19(1):243–260.



## **Vivir bien en América Latina: el reto de construir futuro sin destruir el presente**

**María Esperanza Jaramillo Ayala<sup>1\*</sup>, Alma Rosa Alvarado Flores<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,

<sup>2</sup>Investigadora independiente.

\*Contacto: maria.jaramillo@umich.mx



## Resumen

América Latina y el Caribe (ALyC) es una región diversa, rica en recursos naturales, cultura e historia, para el año 2022 se estimó en aproximadamente 650 millones de habitantes. Sin embargo, enfrenta desigualdades sociales y económicas que ponen en evidencia la falta de eficacia en las estrategias y políticas designadas a promover una mejora continua y equitativa. A pesar del crecimiento económico registrado en algunos países, millones de personas permanecen en la pobreza, y las brechas sociales se amplían.

En este contexto, el desarrollo sostenible es capaz de satisfacer las necesidades de la población e integrarse competitivamente a la economía global se plantea como una alternativa esperanzadora, aunque desafiante. Asimismo, en América Latina ha cobrado fuerza el concepto de "vivir bien" entendido como un modelo alternativo de progreso que busca armonizar el bienestar social, el equilibrio ambiental y la justicia colectiva.

**Palabras clave:** Desarrollo sostenible, objetivos de desarrollo sostenible, América Latina y el Caribe.

# Desarrollo sostenible: un reto emergente en América Latina y el Caribe (ALyC)

El concepto de desarrollo sostenible surgió con la Comisión Brundtland en 1983 y fue formalizado en el informe “Nuestro Futuro Común” (1987). Se definió como un tipo de crecimiento progresivo capaz de hacer frente a las problemáticas humanas desde 3 dimensiones: la satisfacción de necesidades sociales, el equilibrio en el medio ambiente y un crecimiento económico continuo, todo ello pensando en las generaciones presentes y futuras [1].

Con base en ello, el 25 de septiembre de 2015 las Naciones Unidas plantearon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales fueron plasmados en la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas [2]. En paralelo, en la región latinoamericana se ha promovido la noción de *vivir bien*, que plantea un crecimiento en armonía con la naturaleza y con la comunidad, en contraste con la visión exclusivamente económica. Este enfoque se ha incorporado progresivamente en debates políticos y académicos como un complemento a los ODS [3].

El plan de acción universal correspondiente a los ODS dio la pauta para marcar la diferencia entre crecimiento económico y bienestar humano. Aunque el factor económico es fundamental para la calidad de vida de un individuo, no debe tomarse como único o prioritario dejando de lado elementos como salud, educación, vivienda, equidad, empleo, paz y justicia, los cuales deben integrarse como elementos esenciales para un progreso continuo y eficaz de cualquier región [4]. Para el año 2019, ALyC fue considerada una de las

regiones a nivel mundial con mayor incidencia de pobreza [5]. Entre 2014 y 2019 el indicador se mantuvo estancado; de 2019 a 2021, mostró una leve mejoría, aunque en 2020 más de 209 millones de personas vivían en condiciones de pobreza, equivalente a una tercera parte de la población total [6]. La situación se agravó aún más con la pandemia de COVID-19 [7]. En esta región, la noción de salud ha evolucionado hacia un enfoque multidimensional interrelacionando la parte social con la económica y ambiental [8]. La educación por su parte, es considerada por las Naciones Unidas [2] como el principal desafío y la llave para erradicar la pobreza. Aunque se han hecho avances, como la reducción de la mortalidad infantil, el incremento de la esperanza de vida [7], y en el ámbito educativo, la casi universalización de la educación primaria y el aumento de la participación femenina en espacios educativos y políticos [9], el acceso equitativo a servicios educativos y de salud sigue siendo desigual, especialmente para poblaciones rurales y comunidades indígenas. ALyC es una de las regiones con mayor brecha entre hombres y mujeres. Según CEPAL [10], la participación laboral femenina cayó hasta 46% durante la crisis sanitaria, lo que representa un retroceso de más de 10 años, y la desocupación alcanzó 22.2%, muy por encima de la masculina. Aún así, las políticas de equidad comienzan a ganar espacios que fortalecen la participación de la mujer en la sociedad.



Sumado a ello, la expansión urbana, cuya estructura poblacional se ha desenvuelto de forma desordenada, el abandono del transporte público y la deforestación masiva han contribuido al deterioro ambiental. Para enfrentar este panorama, los gobiernos de América Latina y el Caribe, en coordinación con organismos multilaterales como la CEPAL, la ONU y el Banco Mundial, han actualizado leyes y políticas sobre agua y energía, buscando garantizar un manejo más responsable de estos recursos [11]. Estas acciones incluyen programas de ahorro de agua y energía, y la incorporación de metas de sostenibilidad en las agendas nacionales encaminadas al avance y mejoramiento de la calidad de vida en la humanidad. Aun así, la cobertura, eficiencia y equidad en el acceso a estos recursos continúa siendo limitada, reflejando la necesidad de fortalecer la implementación y el financiamiento [12].

Referente al objetivo de impulsar el trabajo decente, el empleo informal representó el 38.5% de la población ocupada en 2019, con trabajadores mayoritariamente sin cobertura de seguridad social [13]. Asimismo, la región enfrenta una debilidad estructural en materia tecnológica y una fuerte dependencia de la exportación de recursos naturales y manufacturas, lo que ha generado una tendencia a la desaceleración económica [6].

Aunque se han planteado estrategias regionales como la reducción de la informalidad laboral, la ampliación de la cobertura educativa, la transición hacia energías limpias y el fortalecimiento institucional [14] su implementación sigue siendo limitada y muchas metas aún no logran traducirse en políticas efectivas.

Las ciudades continúan creciendo sin planificación y con ello la marginación, la contaminación y la desigualdad urbana aumentan, al igual que las emisiones por el uso de transporte privado, lo que ha traído como consecuencia altos índices de emisión de gases de efecto invernadero, mayor congestión vehicular, consecuencias negativas en la salud de los habitantes afectando mayormente a niños y ancianos, de mantenerse el modelo de consumo y producción vigente, hacia 2050 se requerirían los recursos de tres planetas para sostener el estilo de vida actual [15]. Según la Organización Meteorológica Mundial [16], en 2019 se alcanzó un récord histórico en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Cada año desaparecen 13 millones de hectáreas de bosque [17], aún más desalentador es el panorama de la región respecto al objetivo enfocado en la consolidación de sociedades inclusivas, pacíficas y justas. De acuerdo con el Global Study on Homicide 2019, la región de las Américas registró una tasa de 17.2 homicidios por cada 100,000 personas [18]. La violencia sexual y los feminicidios son alarmantes, para el 2018 menos del 30% de los cargos legislativos son ocupados por mujeres [19].

En 2015, la ONU presentó la Agenda 2030, un plan con 17 ODS para enfrentar retos como la pobreza, la desigualdad, el cambio climático y la construcción de sociedades más justas [2].

Aunque estos objetivos se han convertido en una brújula para muchos países, cumplirlos no es tarea sencilla. Se requiere algo más que buenas intenciones: hacen falta alianzas reales entre gobiernos, universidades, empresas y la sociedad civil. Solo trabajando juntos se pueden diseñar estrategias efectivas, generar estadísticas confiables y crear políticas públicas basadas en evidencia, el "vivir bien" debe dejar de ser un privilegio para convertirse en una urgencia de derecho colectivo.

El reto es enorme, pero también lo es la oportunidad. Si logramos avanzar hacia un modelo de crecimiento sostenible, estaremos protegiendo al planeta y garantizando que las futuras generaciones disfruten de un entorno más justo, saludable y equilibrado. Este plan, no es un destino lejano: es el camino que empezamos a recorrer hoy, y el compromiso de todos es la clave para llegar a él.

# Conclusión

La promesa del “vivir bien” en América Latina no está fuera de nuestro alcance, pero exige compromiso, cooperación y voluntad política. El “vivir bien”, visto como un derecho y no como un privilegio de pocos, permite construir un futuro en una sociedad más justa, en donde el equilibrio ambiental y el bienestar económico se den la mano, si bien la Agenda 2030 es una brújula, el camino lo construimos entre todos.

Para alcanzar este objetivo, es indispensable trabajar de manera conjunta, generar estrategias efectivas de coordinación entre gobiernos, sociedad civil y sector privado. Ello requiere también el fortalecimiento institucional, el impulso a la innovación tecnológica con sentido social y ambiental, la promoción de la educación para la sustentabilidad desde la niñez y el apoyo a las pymes mediante esquemas productivos verdes e incluyentes.

## Referencias bibliográficas

1. World Commission on Environment and Development. Our Common Future [Internet]. Oxford University Press: 1987 [Consultado 13 febrero 2025]. Disponible en:  
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
2. Naciones Unidas. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [Internet]. Nueva York: ONU, 2015 [Consultado 19 enero 2025]. Disponible en:  
[https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1\\_es.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf)
3. Gudynas, E.. Buen Vivir: Germinando alternativas al desarrollo. América Latina en Movimiento, 2011; 462: 1–20. Disponible en: <https://www.gudynas.com/publicaciones/articulos/GudynasBuenVivirGerminandoALAI11.pdf>
4. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Estudio Económico de América latina y el Caribe, 2021 [Internet]. Santiago, Naciones Unidas, 2021 [Consultado 26 enero 2025]. Disponible en:  
<https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/14/6936/8.pdf>
5. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. América Latina y el Caribe ante la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [Internet]. Santiago: Naciones Unidas, 2023 [Consultado 19 enero 2025]. Disponible en:  
<https://www.cepal.org/es/noticias/mundo-alcanza-8-mil-millones-habitantes-cuales-662-millones-viven-america-latina-caribe#:~:text=El%20mundo%20alcanza%20los%208,Latina%20y%20el%20Caribe%20%7C%20CEPAL>
6. Banco Mundial. World Development Indicators [Internet]. Washington D.C.: Banco Mundial, 2023 [Consultado 22 de febrero de 2025]. Disponible en:  
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
7. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Panorama social de América Latina, 2020 [Internet]. Santiago: Naciones Unidas, 2021 [Consultado 19 enero 2025]. Disponible en:  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/46687>

8. Organización Panamericana de la Salud. La salud en las Américas 2012: Panorama regional y perfiles de país [Internet]. Washington D.C.: OPS, 2012 [Consultado 04 abril 2025]. Disponible en:  
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/3272>
9. UNESCO. Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2020: Inclusión y educación [Internet]. París: UNESCO, 2020 [Consultado 19 enero 2025]. Disponible en:  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373718>
10. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. La autonomía económica de las mujeres en la recuperación sostenible y con igualdad (Informe especial Covid-19 No.9) [Internet]. Santiago: Naciones Unidas, 2021 [Consultado 19 enero 2025]. Disponible en:  
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/61479b27-0784-4fa1-ba56-e8887c5651cd/content>
11. Banco Mundial. América Latina: Energía sostenible para todos [Internet]. Washington D. C.: Banco Mundial, 2020 [Consultado 22 de febrero de 2025]. Disponible en:  
<https://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/10/sustainable-energy-for-all-results-profile>
12. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. La matriz de la desigualdad social en América Latina [Internet]. Santiago: Naciones Unidas, 2022 [Consultado 19 enero 2025]. Disponible en:  
<https://repositorio.cepal.org/entities/publication/6b09f324-9f39-4b23-a090-b92b5d96e4a6>
13. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Perspectivas económicas de América Latina 2021 [Internet]. París: OCDE Publishing, 2021 [Consultado 19 enero 2025]. Disponible en:  
[https://www.oecd.org/es/publications/2021/12/latin-american-economic-outlook-2021\\_3a1d90e5.html](https://www.oecd.org/es/publications/2021/12/latin-american-economic-outlook-2021_3a1d90e5.html)
14. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Informe regional sobre desarrollo humano en América Latina y el Caribe [Internet]. Nueva York: PNUD, 2021 [Consultado 21 enero 2025]. Disponible en:  
<https://www.undp.org/es/latin-america/informe-regional-de-desarrollo-humano-2021>
15. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-6. 6ta edición. Nairobi: PNUMA; 2019.
16. Organización Meteorológica Mundial. Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere [Internet]. Ginebra: OMM, 2020 [Consultado 21 enero 2025]. Disponible en:  
<https://corporate.exxonmobil.com/search?search=Greenhouse+Gas+Bulletin:+The+State+of+Greenhouse+Gases+in+the+Atmosphere.+OMM>
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations. El estado de los bosques del mundo 2022 [Internet]. Roma: FAO, 2022 [Consultado 21 enero 2025]. Disponible en:  
<https://openknowledge.fao.org/items/cc62f03d-01c7-401f-8260-89cd916c6b3f>
18. United Nations Office on Drugs and Crime. Global Study on Homicide 2019 [Internet]. Viena: Naciones Unidas, 2019 [Consultado 22 febrero 2025]. Disponible en:  
<https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/global-study-on-homicide.html>
19. ONU Mujeres. Progreso de las mujeres en el mundo 2019–2020: Familias en un mundo cambiante [Internet]. Nueva York: Naciones Unidas, 2019 [Consultado 23 febrero 2025]. Disponible en:  
<https://www.unwomen.org/es/digital-library/publications/2019/06/progress-of-the-worlds-women-2019-2020>



## De la Idea a la Realidad: El Viaje del Diseño Mecánico

Adrián Escamilla Caballero<sup>1</sup>, Juan Felipe Soriano Peña<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

\*Contacto: juan.soriano@umich.mx

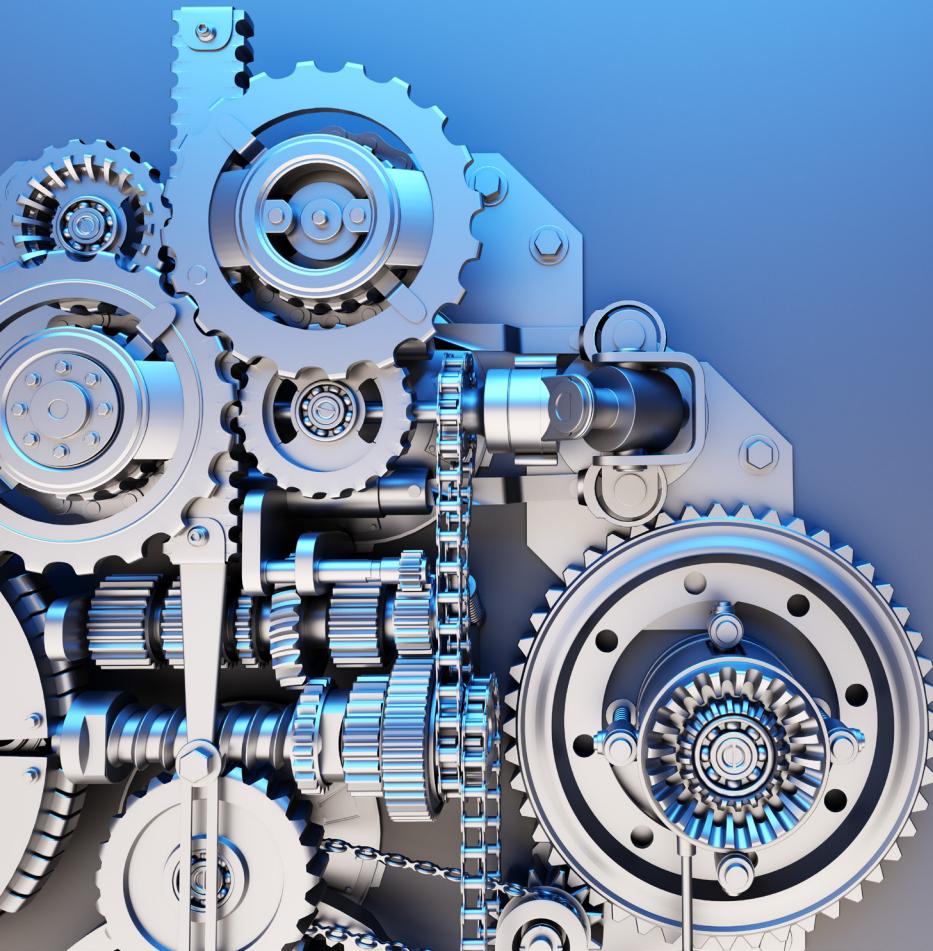


Imagen generada por Adobe Firefly

## Resumen

Cada vez que colocamos nuestras compras en la banda del supermercado o vemos nuestra maleta desfilar por el carrusel del aeropuerto, interactuamos con una maravilla silenciosa de la ingeniería: la banda transportadora. A simple vista parece un sistema sencillo, pero detrás de su movimiento constante se esconde un complejo proceso de diseño, cálculo y selección de componentes. Este artículo relata el viaje de un estudiante de ingeniería mecánica que, partiendo de unos pocos datos, diseñó desde cero un sistema de transmisión completo, mostrando cómo la teoría se transforma en soluciones que mueven el mundo.

**Palabras clave:** Diseño Mecánico, Banda Transportadora, Ingeniería, Transmisión de Potencia, Educación

¿Es mejor diseñar un dispositivo o comprar uno ya fabricado? Diseñar permite adaptar el equipo a necesidades específicas, como tamaño, peso, velocidad o entorno de trabajo, algo que a veces un equipo genérico no puede cumplir. Sin embargo, esto requiere tiempo, recursos y especialistas en el área. Por ello, el diseñador debe decidir si conviene crear un dispositivo desde cero, adquirir uno comercial o modificar uno existente, una decisión que, según Pahl [1], forma parte de la etapa inicial del diseño sistemático, donde se definen objetivos, restricciones y criterios de selección. Como se puede ver, un proyecto de ingeniería no siempre comienza en un taller lleno de ruido y maquinaria, sino frente a una hoja en blanco, un desafío que Adrián abordó siguiendo principios de diseño sistemático [1], que guían al ingeniero desde la definición del problema hasta la solución final.

Así empieza el reto de Adrián, estudiante de ingeniería mecánica, cuya meta era diseñar el sistema de transmisión de una banda transportadora, integrando materiales y refacciones locales para obtener un equipo personalizado y adaptado a los recursos de su entorno. A primera vista, parecía un problema sencillo, pero ¿qué condiciones debía considerar Adrián para diseñar el sistema de transmisión? Primero, un sistema de transmisión es el mecanismo que lleva la fuerza del motor hacia donde se necesita para mover algo. Por ello, Adrián determinó que la velocidad de la banda y la potencia necesaria para mover la carga serían las variables principales para seleccionar los componentes adecuados según el peso, tamaño y velocidad de los objetos transportados.

Para comenzar, Adrián seleccionó los componentes necesarios para fabricar la banda transportadora, teniendo en cuenta la velocidad

final de dicha banda, así como la potencia requerida para mover el peso de los objetos sobre ella. Además, buscó cumplir el objetivo de integrar materiales y componentes comerciales y locales. Para ello, primero se eligió un motor eléctrico con carcasa de aluminio y una potencia ligeramente superior a la necesaria [2]. De esta forma, se adaptan componentes estándar a necesidades específicas, un concepto central en el diseño para manufactura y ensamblaje [1]. La banda y el motor no deben tener la misma velocidad de rotación, ya que el motor gira a una velocidad muy alta. Por lo tanto, es necesario reducir la velocidad de giro utilizando un sistema de transmisión. Si no se reduce la velocidad, los objetos sobre la banda transportadora se moverían demasiado rápido y podrían caerse.

¿Por qué usar poleas o engranajes en lugar de una simple conexión directa? Porque en ingeniería, reducir la velocidad no significa ir más despacio, sino controlar la energía para hacer el trabajo de forma eficiente, como cuando bajamos una pendiente con el freno justo para no perder el control.

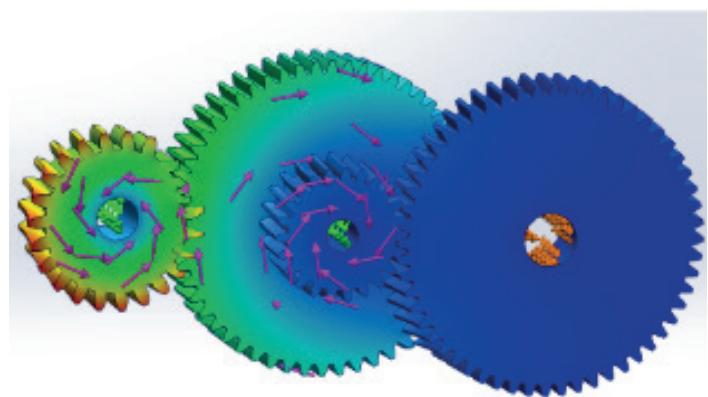
¿Qué componentes se usan para el sistema de transmisión? Existen muchos y diversos, cada uno con una función que lo distingue de los demás. Para el diseño de esta banda transportadora se emplean tres: el sistema de poleas, el sistema por engranajes y el sistema por cadena. Estos tres sistemas permiten transmitir movimiento y fuerza, además de modificar la velocidad, la dirección o la intensidad del movimiento para facilitar el trabajo. El primer sistema de transmisión es el de poleas, que permite transferir la velocidad y energía del motor hacia el sistema de engranajes. Está compuesto por dos ruedas llamadas poleas, conectadas mediante una banda. Una de ellas está unida al motor y la otra al eje de los engranajes. Un

ejemplo común de polea se puede observar en los antiguos pozos de agua, donde se usaba un balde atado a una cuerda que pasaba por una polea, facilitando levantar el agua con menos esfuerzo.

El segundo sistema es la transmisión por engranajes, un mecanismo en el que los dientes de una rueda empujan los de otra, haciendo que ambas giren y transmitan energía. Por ejemplo, un reloj mecánico utiliza pequeños engranajes para mover las manecillas del reloj. Al primer engranaje se le llama piñón, el cual transmite movimiento a otro más grande llamado corona dentada. En la Fig. 1 se muestra el sistema de engranajes diseñado para la banda transportadora. Para realizarlo fue necesario efectuar cálculos basados en los libros de Shigley [3] y Norton [4] (Fig. 2).



**Figura 1. Engranajes conectados.** En la imagen se observan cuatro engranajes conectados entre sí. Su función es transmitir el movimiento desde la polea hacia la siguiente parte del sistema, reduciendo la velocidad en el proceso. Primero, el engrane pequeño mueve al engrane grande; la cara de este engrane grande está unida a otro engrane pequeño, que a su vez transmite el movimiento a un último engrane grande. De esta manera, se consigue una reducción progresiva de la velocidad. Modelado tridimensional. Elaboración propia.



**Figura 2. Análisis de los engranes bajo carga.** Realizado con un software especializado. Los diferentes colores indican dónde se concentran los esfuerzos: los tonos cálidos (naranja y amarillo) señalan las zonas con mayor carga, mientras que los tonos fríos (verde y azul) representan las áreas con menor esfuerzo. Esta visualización permite identificar qué partes podrían desgastarse más rápido o requerir refuerzo. Modelado tridimensional. Elaboración propia.

Por último, el sistema de cadena está formado por dos ruedas dentadas unidas por una cadena metálica. Su función es transmitir movimiento y fuerza de un eje a otro, manteniendo una conexión firme sin deslizamientos. Este tipo de sistema es común en motocicletas, donde el motor hace girar una rueda dentada que mueve la cadena, y esta transmite la fuerza a la rueda trasera para impulsar la moto. De manera similar, en una bicicleta la cadena transmite el movimiento desde los pedales hasta la rueda trasera, haciendo que avance.

A partir de aquí, Adrián comprendió que el diseño no solo se basa en cálculos, sino también en tomar decisiones estratégicas. Un diseñador tiene la responsabilidad —y la libertad— de elegir los componentes que mejor se adapten a su proyecto, considerando costo, calidad, materiales, logística e incluso estética. Por ello, Adrián consultó catálogos, realizó cálculos y reflexionó para escoger los componentes más adecuados para el diseño de la banda transportadora [5], [6], [7].

Finalmente, todos los componentes debían montarse sobre un eje central: la flecha, una barra cilíndrica que no solo sostiene los componentes, sino que también gira junto con ellos para transmitir el movimiento. Esta pieza debía soportar el peso y las fuerzas de torsión. Adrián aplicó los principios del diseño sistemático propuestos por Pahl [1], donde la selección de materiales se realiza considerando funciones, restricciones y recursos disponibles; por lo tanto, eligió un acero conocido por su resistencia y tenacidad (Fig. 3).



**Figura 3. Diseño final de flecha.** Es un eje cilíndrico sobre el cual se montan distintos componentes (como engranes o poleas). Se diseñó con diferentes diámetros en cada sección, lo que facilita que cada pieza encaje correctamente y se mantenga firme. También incluye ranuras para chavetas, pequeños elementos que ayudan a fijar los componentes y evitar que se deslicen. Modelado tridimensional. Elaboración propia.

Analizó los esfuerzos que más afectan al eje—flexión y torsión— y utilizó el criterio de Goodman, una herramienta clásica de la ingeniería que ayuda a prever si el material resistirá miles de giros sin deformarse, asegurando que el sistema funcione durante muchos años sin fallar [3], [4]. Aplicar el criterio de Goodman es como revisar si una cuerda puede soportar miles de tirones sin romperse: asegura que el eje resistirá el uso constante. Este tipo de análisis es fundamental para garantizar la durabilidad y confiabilidad del eje durante la operación continua de la banda transportadora.

El resultado fue una flecha escalonada, es decir, un eje que cambia de grosor a lo largo de su longitud. Es como un árbol con ramas de distinto grosor:

cada sección está diseñada para soportar el peso que le corresponde, evitando que se rompa bajo presión. En cada borde de la flecha hay pequeños redondeos que previenen grietas y concentraciones de esfuerzo. Para que la flecha se mueva de manera continua y sin dificultad, se seleccionaron rodamientos de bolas, que son piezas circulares con pequeñas esferas metálicas en su interior y permiten que los componentes giren suavemente reduciendo la fricción, como ocurre en las ruedas de unos patines [8].

Además, es necesario establecer tolerancias en la flecha, es decir, los pequeños márgenes de diferencia permitidos en una medida para que las piezas encajen correctamente. Por ejemplo, los engranajes se montan a presión o con calentamiento para asegurar su fijación. Los rodamientos, en cambio, usan ajustes ligeros, buscando un equilibrio entre sujeción y movimiento fluido. Estas decisiones, aunque invisibles, son vitales para el desempeño y durabilidad del sistema.

¿Qué obtuvo Adrián al final del diseño de una banda transportadora? El resultado fue un conjunto completo de planos técnicos, modelos 3D y especificaciones listos para fabricación. Cada componente fue validado y cada cálculo cuidadosamente documentado. Lo que comenzó como un problema teórico se convirtió en una solución técnica integral (Fig. 4).



**Figura 4. Diseño final de la flecha armada.** Sus componentes: la polea, el engrane (o piñón), y los rodamientos. Juntos forman el sistema que recibe el movimiento del motor y lo transmite de manera controlada hacia el tren de engranes. Los rodamientos permiten que todo gire suavemente y sin fricción excesiva. Modelado 3D. Elaboración propia.

El diseño mecánico puede ser fascinante y desafiante, pues requiere conocimientos multidisciplinarios, creatividad, compromiso y un proceso iterativo de prueba y error. Aunque a veces agotador, también es enormemente gratificante. Diseñar es una expresión del ingenio humano y una forma fundamental de formar ingenieros. ¿Cómo puede una idea plasmada en un plano transformarse en un dispositivo que funcione de manera confiable? ¿Qué se necesita para que cada componente, desde un engranaje hasta un eje, cumpla su función sin fallar? Estas son las preguntas que todo ingeniero enfrenta al convertir la teoría en realidad.

## Referencias bibliográficas

1. G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K. H. Grote, *Engineering Design*. 2009.
2. SIEMENS, "Catálogo de Motores," 2013, SIEMENS. [Online]. Disponible en:  
[https://siemensmexico.com.mx/descargables/Motores\\_2013.PDF](https://siemensmexico.com.mx/descargables/Motores_2013.PDF)
3. R. Budynas and B. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 9th ed., vol. 1, no. 1. Mc Graw Hill, 2012.
4. R. L. Norton, *Diseño de máquinas un enfoque integrado*, 4th ed. Pearson, 2011.
5. SKF, "SKF Transmission chain," 2008. [Online]. Disponible en:  
<https://www.skf.com/mx/products/power-transmission/chains>
6. SKF Group, "SKF Power Transmission belts Contents," 2012. [Online]. Disponible en:  
[https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968049c9d3/pdf\\_preview\\_medium/0901d1968049c9d3\\_pdf\\_preview\\_medium.pdf](https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968049c9d3/pdf_preview_medium/0901d1968049c9d3_pdf_preview_medium.pdf)
7. Martin, "Engranes," Martin. [Online]. Disponible en:  
[https://es.martinsprocket.com/docs//catalogs/power\\_transmission/4\\_engranes/seccion\\_g.pdf](https://es.martinsprocket.com/docs//catalogs/power_transmission/4_engranes/seccion_g.pdf)
8. SKF, "Manual de rodamientos SKF," 2019, SKF. [Online]. Disponible en:  
[https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d19680416953/pdf\\_preview\\_medium/0901d19680416953\\_pdf\\_preview\\_medium.pdf](https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d19680416953/pdf_preview_medium/0901d19680416953_pdf_preview_medium.pdf)

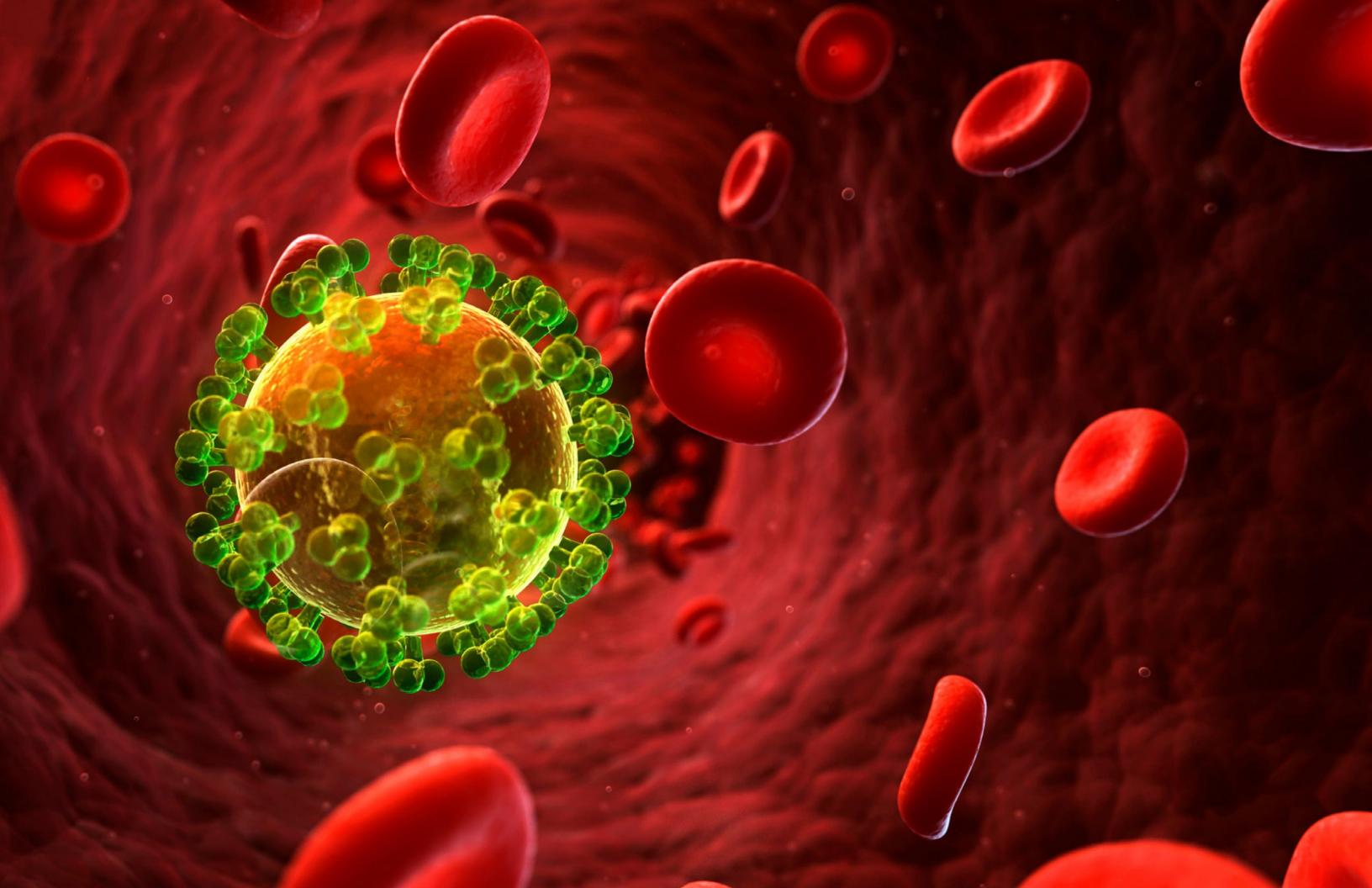


## **Los guerreros invisibles que te cuidan de un resfriado: Tu sistema inmunológico en acción**

Nefertari Sagrero-Fabela<sup>1</sup>, Ana Belén Venegas Nava<sup>1</sup>, Sergio Gutiérrez-Castellanos<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Biomédica de Michoacán (CIBIMI), Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

\*Contacto: [sergio.gutierrez@umich.mx](mailto:sergio.gutierrez@umich.mx)



## Resumen

Se acerca el invierno... con él, llegan las temidas infecciones respiratorias: esas que nos provocan escurrimiento nasal, estornudos, tos, cuerpo cortado y malestar general. Año con año, millones de personas en todo el mundo, y de todas las edades, sufren enfermedades como el resfriado común o la gripe. Aunque estas no son provocadas directamente por el frío, y las enfermedades pueden presentarse en cualquier época del año, sí hay unos diminutos invasores llamados microbios —virus y bacterias— que aprovechan esta temporada para atacar. Pero, ¿por qué el invierno se convierte en el escenario perfecto para que estos microbios se propaguen y enfermen a tanta gente? La respuesta está en la interacción de varios factores: el ambiente, nuestro comportamiento en esta época del año y un protagonista invisible pero poderoso: nuestro sistema inmunológico, que durante el invierno puede verse debilitado. Sin embargo, es ese mismo sistema inmunológico el encargado de detectar y eliminar los microbios invasores que nos hacen enfermar. A lo largo de este artículo descubriremos cómo nuestro cuerpo organiza toda una defensa que lucha día y noche para mantenerte sano cada vez que aparece un microbio invasor.

**Palabras clave:** microbios, virus, bacterias, sistema inmunológico, células.

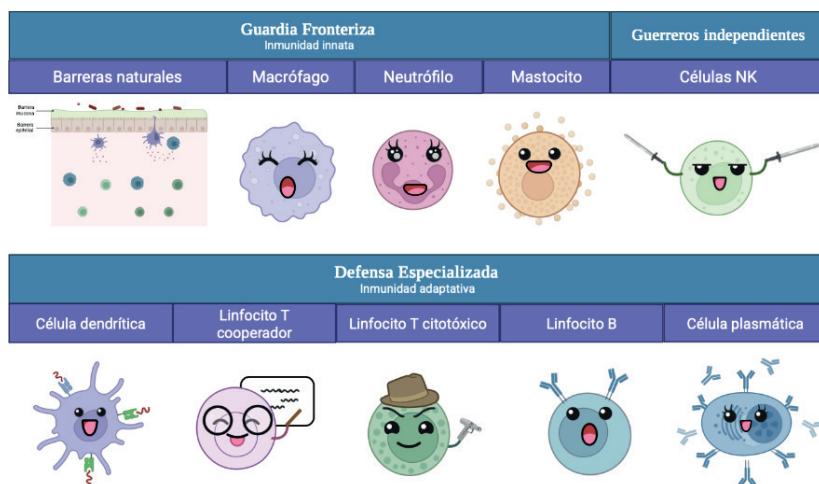
# Un ambiente frío y seco: el aliado perfecto de virus y bacterias

Entre los enemigos más comunes de nuestro sistema respiratorio se encuentran virus como rinovirus, el virus de la influenza y los coronavirus estacionales, así como bacterias como *Streptococcus pneumoniae* y *Haemophilus influenzae*, responsables de muchas infecciones respiratorias. Estos invasores diminutos, oportunistas, aprovechan cualquier descuido para colarse en nuestro cuerpo y desencadenar un resfriado.

En condiciones normales, nuestras mucosas —como las de la nariz, garganta y pulmones— están recubiertas por una capa húmeda de moco que actúa como una barrera protectora. Esta capa, además de evitar que los microbios invasores entren a nuestro cuerpo, permite que los guerreros -las células del sistema inmunológico- se desplacen hasta estos sitios para detectar y eliminar amenazas. Sin embargo, el aire frío y seco del invierno reseca las mucosas, debilitando esta defensa natural. Esto hace más fácil que los virus y bacterias entren al organismo y pasen desapercibidos. Además, en épocas frías solemos pasar más tiempo en lugares cerrados, con poca ventilación y cerca de otras personas. Esto aumenta el riesgo de contagio por vía aérea, ya que basta con estornudar o hablar para que las partículas contaminadas viajen de una persona infectada a otra [1].

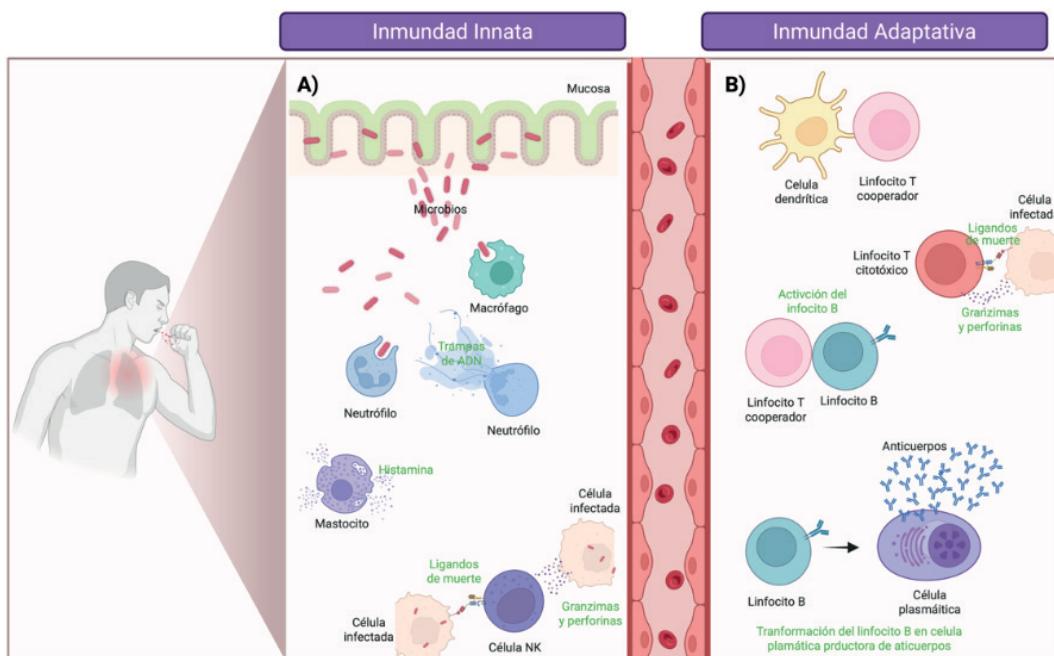
## El sistema inmunológico: los guardianes de nuestro cuerpo

Frente a estos ataques, nuestro cuerpo cuenta con un sistema de defensa extraordinario: el sistema inmunológico, el cual está conformado por un conjunto de células, tejidos y estructuras que se encargan de detectar, atacar y eliminar cualquier microbio invasor. Y como todo buen ejército, se encuentra perfectamente organizado y entrenado para actuar desde el primer momento en que una amenaza entra a nuestro cuerpo [2] (Fig. 1).



**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 1. Los guerreros de nuestro cuerpo.** Células, tejidos y estructuras que conforman el sistema inmunitario. Figura propia, creada con BioRender.com.

La primera línea de defensa está compuesta por la guardia fronteriza, también conocida como inmunidad innata. Estos guardianes están siempre alerta, vigilando todas las entradas del cuerpo: la piel, la boca, la nariz, los ojos o el intestino. Entre estos valientes soldados encontramos a células llamadas macrófagos, neutrófilos, mastocitos y células dendríticas (Fig. 2A). Los macrófagos son los soldados más grandes y fortachones. Se desplazan por todo el cuerpo buscando y “comiéndose” a los intrusos para eliminarlos. Este proceso es conocido como fagocitosis. A su lado están los neutrófilos, que también “comen” microbios, pero, además, pueden liberar grandes redes de ADN para atraparlos y evitar que escapen. Una vez atrapados, el resto del sistema inmunitario puede llegar y eliminarlos. A esta liberación de redes de ADN se le conoce como NETosis. Mientras tanto, los mastocitos hacen sonar las alarmas. Liberan una sustancia llamada histamina que alerta al resto del sistema inmunitario. Esta histamina provoca inflamación y también genera moco. Así que, cuando estás enfermo y no paras de moquear... ¡es tu cuerpo encendiendo las alarmas! El moco es una defensa, no un enemigo [3,4].



**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 2. Respuesta inmunológica frente a un virus o bacterias.** A) Respuesta de la inmunidad innata, en ella, participan macrófagos, neutrófilos, mastocitos, células dendríticas y células NK como primera línea de defensa. B) Respuesta de la inmunidad adaptativa, en la que los linfocitos T cooperadores y T citotóxicos, junto con los linfocitos B y las células plasmáticas productoras de anticuerpos, generan una respuesta altamente específica y coordinada. Figura propia, creada con BioRender.com.

También existen guerreros rebeldes y autónomos llamados células natural killer (NK). Estas células patrullan nuestro cuerpo por su cuenta, buscando otras células que ya han sido infectadas. Si las detectan, les lanzan pequeñas bombas de proteínas llamadas granzimas y perforinas, que perforan la célula infectada para destruirla. Además, las células NK tienen en su superficie moléculas llamadas ligandos de muerte, que envían una señal letal a la célula infectada para que se autodestruya y así evitar que el virus o bacteria siga reproduciéndose dentro de ella [5].

Posteriormente, el llamado de emergencia alcanza a las células dendríticas. Estas tienen numerosos "brazos" llamados pseudópodos —algo así como los tentáculos de un pulpo— que utilizan para capturar al microbio invasor, introducirlo en su interior y fragmentarlo en pequeñas piezas. Luego, cargadas con estos fragmentos, viajan hacia la segunda línea de defensa: la inmunidad adaptativa (Fig. 2B).

Los guerreros de la inmunidad adaptativa son más especializados. Analizan cuidadosamente al enemigo para diseñar una estrategia precisa y sin errores [6]. Dentro de estos valientes soldados encontramos a células llamadas linfocitos, que se dividen en dos grandes grupos: los linfocitos T y los linfocitos B. Ambos se activan cuando una célula dendrítica —cargada con los fragmentos del microbio invasor— viaja a los ganglios linfáticos distribuidos por todo el cuerpo, como en el cuello, axilas, abdomen o ingles, y allí les "muestra" un pedacito del enemigo a los linfocitos T o B para que puedan organizar el plan de ataque. A este proceso se le conoce como presentación antigenica [7].

Dentro del grupo de linfocitos T encontramos dos tipos principales: los linfocitos T cooperadores y los

linfocitos T citotóxicos. Los linfocitos T cooperadores funcionan como capitanes estratégicos; su tarea es organizar y potenciar la activación a sus compañeros más fuertes, los linfocitos T citotóxicos, que se encargan de eliminar directamente a las células infectadas, utilizando perforinas, granzimas y ligandos de muerte, mecanismos muy similares a los que emplean las células NK. Pero los linfocitos T cooperadores no solo activan a estos asesinos especializados: también convocan a un refuerzo fundamental, los linfocitos B. Una vez activados, los linfocitos B se transforman en células plasmáticas que producen anticuerpos, pequeñas proteínas que se unen a virus o bacterias para neutralizarlos o marcar a las células infectadas, como si colocaran un letrero de "objetivo prioritario" para que los otros soldados del sistema inmunitario puedan localizarlas y destruirlas [8].

Una vez que todas estas tropas están listas, abandonan los ganglios linfáticos y se dirigen al campo de batalla —los pulmones, los bronquios o el sitio de la infección— donde atacan sin piedad hasta acabar por completo con el microbio invasor.

## Y después de la batalla...

Cuando el enemigo ha sido vencido, el sistema inmunológico no simplemente se retira a descansar. Después del combate, los tejidos quedan llenos de restos celulares, señales químicas encendidas y defensores que ya cumplieron su tarea.

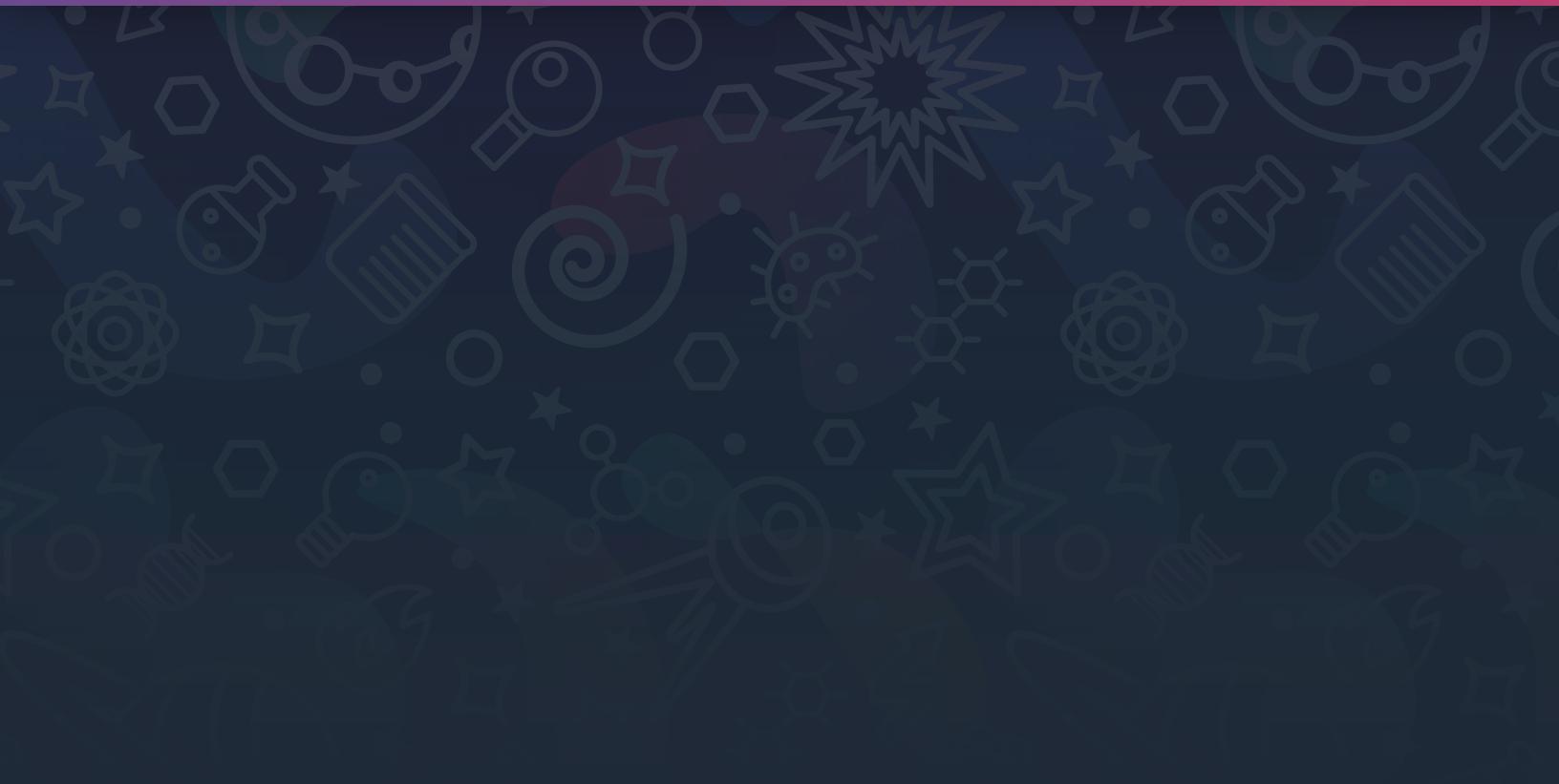
Es entonces cuando entran en acción los macrófagos, los mismos que al inicio se encargaban de devorar microbios, ahora en su versión más pacífica: dedicada a limpiar los desechos, reparar los tejidos y apagar las alarmas. A su lado actúan moléculas especializadas —resolvinas, protectinas y lipoxinas— que ordenan detener la llegada de más soldados, reducen la inflamación y facilitan la recuperación del tejido dañado.

Algunos de los linfocitos que ya cumplieron su misión mueren mediante un proceso ordenado llamado apoptosis, mientras que otros se convierten en células de memoria, guardianes silenciosos que permanecen atentos para que, si el mismo enemigo regresa, puedan responder de manera casi inmediata.

Así, cuando la batalla termina, el cuerpo no solo celebra la victoria: restaura el equilibrio, devuelve la calma y se fortalece para el futuro. Porque la grandeza del sistema inmunológico no radica únicamente en su capacidad de combatir... sino también en su extraordinaria habilidad para sanar y prepararse para lo que venga.

## Referencias bibliográficas

1. Moriyama M, Hugentobler WJ, Iwasaki A. Seasonality of respiratory viral infections. *Annu Rev Virol*. 2020;7(1):83-101. doi:10.1146/annurev-virology-012420-022445.
2. McComb S, Thiriot A, Akache B, Krishnan L, Stark F. Introduction to the immune system. *Methods Mol Biol*. 2019;2024:1-24. doi:10.1007/978-1-4939-9597-4\_1.
3. Mifsud EJ, Kuba M, Barr IG. Innate immune responses to influenza virus infections in the upper respiratory tract. *Viruses*. 2021;13(10):2090. doi:10.3390/v13102090.
4. Piliponsky AM, Acharya M, Shubin NJ. Mast cells in viral, bacterial, and fungal infection immunity. *Int J Mol Sci*. 2019;20(12):2851. doi:10.3390/ijms20122851.
5. Lenart M, Rutkowska-Zapała M, Siedlar M. NK-cell receptor modulation in viral infections. *Clin Exp Immunol*. 2024;217(2):151-158. doi:10.1093/cei/uxae045.
6. Primorac D, Vrdoljak K, Brlek P, et al. Adaptive immune responses and immunity to SARS-CoV-2. *Front Immunol*. 2022;13:848582. doi:10.3389/fimmu.2022.848582.
7. Wolday D, Fung CYJ, Morgan G, et al. HLA variation and SARS-CoV-2 specific antibody response. *Viruses*. 2023;15(4):906. doi:10.3390/v15040906.
8. Krammer F. The human antibody response to influenza A virus infection and vaccination. *Nat Rev Immunol*. 2019;19(6):383-397. doi:10.1038/s41577-019-0143-6.





# REVISTA C+TEC KIDS

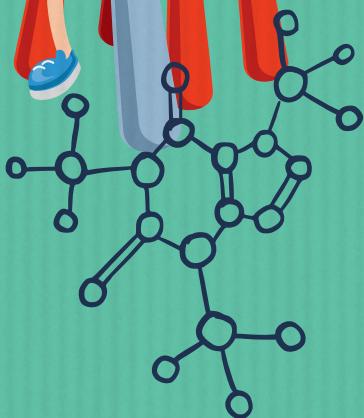
Divulgar para Transformar

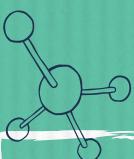
# LAS MOLÉCULAS DE LA VIDA

Cinthia Itzel Landa Moreno<sup>1\*</sup>, Francisco Alfredo Saavedra Molina<sup>1</sup>

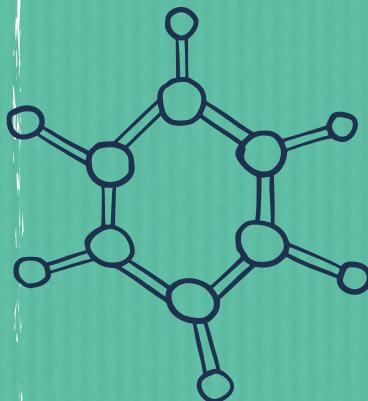
<sup>1</sup>Laboratorio de Bioquímica, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.

\*Contacto: 1419561g@umich.mx

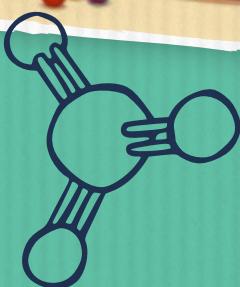
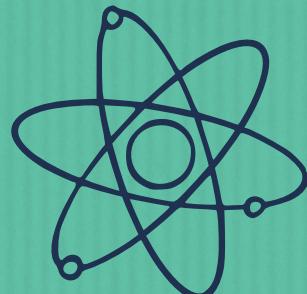
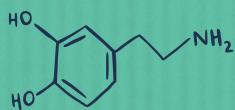




Era una tarde tranquila en el parque, perfecta para detenerse a observar. Los niños jugaban, las personas paseaban a sus perros y las hojas se movían con el viento, como una pintura llena de vida. Sin embargo, al reflexionar, me di cuenta de algo asombroso: aunque todos lucíamos diferentes esa tarde, en realidad somos más parecidos de lo que imaginamos. Todos estamos hechos de pequeñas partículas llamadas biomoléculas, tan diminutas que no las vemos, pero que forman nuestro cuerpo y todo lo que nos rodea, y las cuales son esenciales para la vida. Las biomoléculas se dividen en cuatro grupos: proteínas, carbohidratos, grasas y ADN.



Las proteínas son fundamentales para nuestro cuerpo. Imagina que construyes una torre de Jenga, para que se mantenga firme, cada pieza debe estar en su lugar correcto. Lo mismo sucede con las proteínas, si los aminoácidos se ensamblan correctamente, la proteína funcionará de manera adecuada. Las proteínas realizan tareas importantes, como defendernos de gérmenes, cortar nutrientes para convertirlos en energía, dar soporte a nuestro cuerpo para que podamos movernos y transportar nutrientes a través de nuestras venas, como pequeños taxis biológicos.

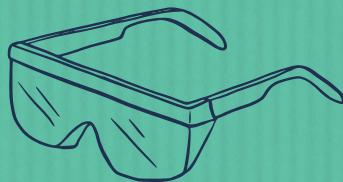
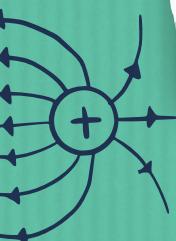


Ahora, imagina que eres un piloto de carreras y tu carro necesita gasolina para moverse. Así como el automóvil no funciona sin combustible, nosotros necesitamos energía para correr, saltar,



$H_2O$

jugar e incluso dormir. Esta energía la obtenemos de los carbohidratos, que son como nuestra gasolina. Al comer alimentos como manzanas, lentejas o arroz, estamos llenando nuestro "tanque" con la energía que necesitamos para mantenernos activos y saludables.



Las grasas, al igual que los carbohidratos, nos dan energía, pero en momentos distintos. Imagina que compras en el supermercado huevos y verduras, que son grasas buenas, y también chocolates y frituras, que son las malas. Luego, guardas todo en la alacena para cuando lo necesites. Las grasas funcionan de manera similar, se almacenan en nuestro cuerpo como una reserva de energía que usamos cuando los carbohidratos no están disponibles. Por eso, es importante consumir grasas saludables para mantenernos en buen estado y con energía.



Por cierto, ¿sabías que eres único e irrepetible? Incluso si tuvieras un hermano muy parecido a ti, serían diferentes gracias al ADN. El ADN es como un libro de instrucciones dentro de tu cuerpo, creado especialmente para ti, como un manual para armar un juguete único. El ADN determina muchas cosas sobre quién eres, como el color de tus ojos, si tu cabello es rizado, tu estatura y hasta tu sonrisa. ¡Ves! Eres muy especial, como si tuvieras un código secreto que solo tú puedes descifrar.

Ahora ya lo sabes, aunque por fuera parezcamos diferentes, por dentro estamos hechos de las mismas moléculas. Desde las proteínas, nuestros superhéroes internos, hasta los carbohidratos que nos dan la energía para jugar, las grasas que guardan reservas para cuando más las necesitamos, y el ADN que nos hace únicos. Así que, la próxima vez que observes a tu alrededor, recuerda que todos compartimos las mismas moléculas llenas de vida.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mittra, N. Highlights of Biomolecules as Spark of Life. International Journal of Scientific Engineering and Science, 2021, 5(7): 14-22 Disponible en:  
<https://ijses.com/wp-content/uploads/2021/07/95-IJSES-V5N6.pdf>
2. Chandana BS, Syed SA, Khanum SJ, Abdurahman S, Purohit MN, Vishwanath PM, Achar RR. Structures and functions of biomolecules. Biochemical and molecular pharmacology in drug discovery. 1<sup>a</sup> ed. San Diego (CA): Elsevier; 2024. [internet] Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16013-4.00001-4>



## Imágenes

Imágenes elaboradas con Microsoft Bing

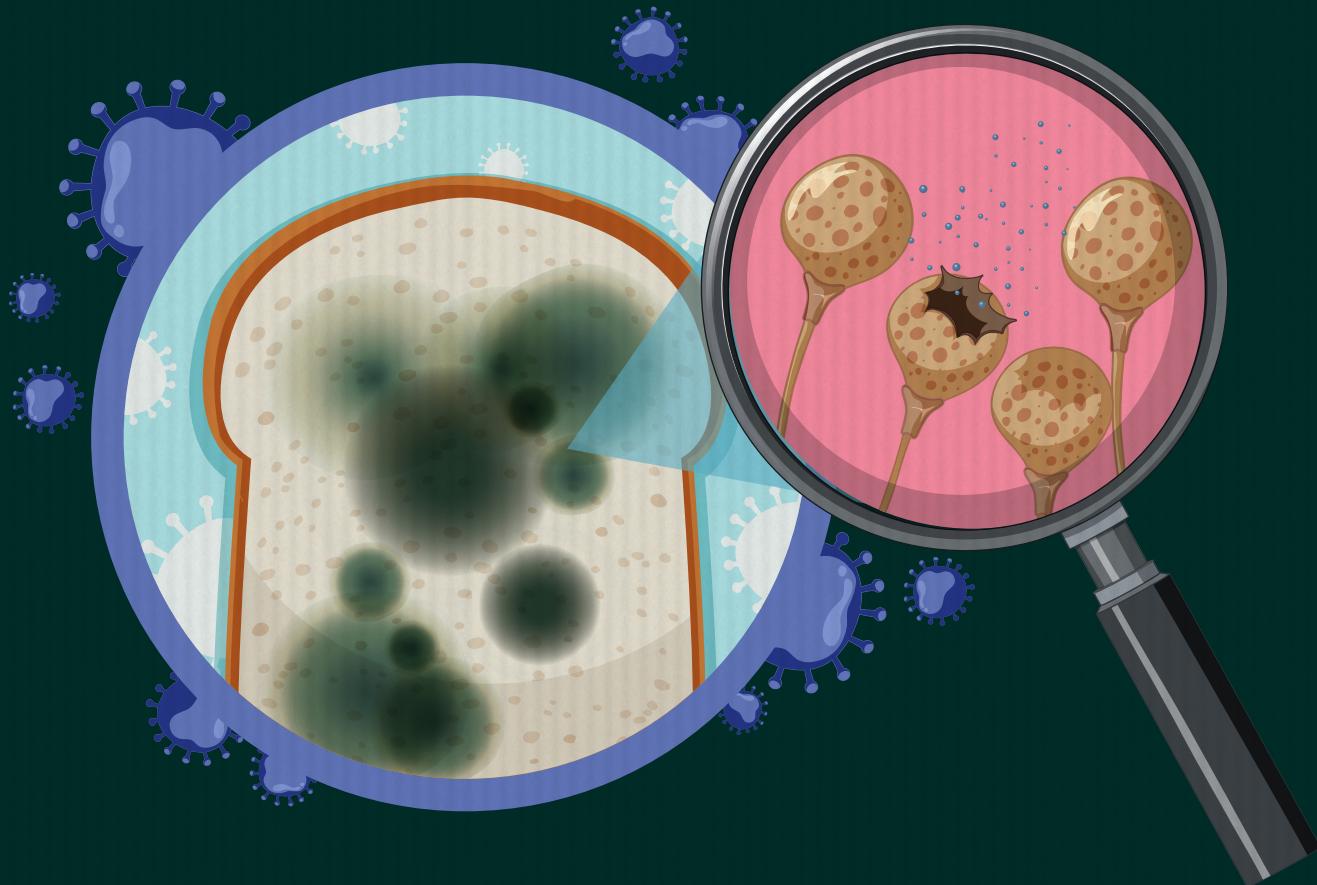


# EL MOHO: CUANDO LA COMIDA SE PONE PELUDA

Ximena Montserrat Ortega Cendejas<sup>1\*</sup>, Miguel Ángel Mateo Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán,  
Instituto Politécnico Nacional.

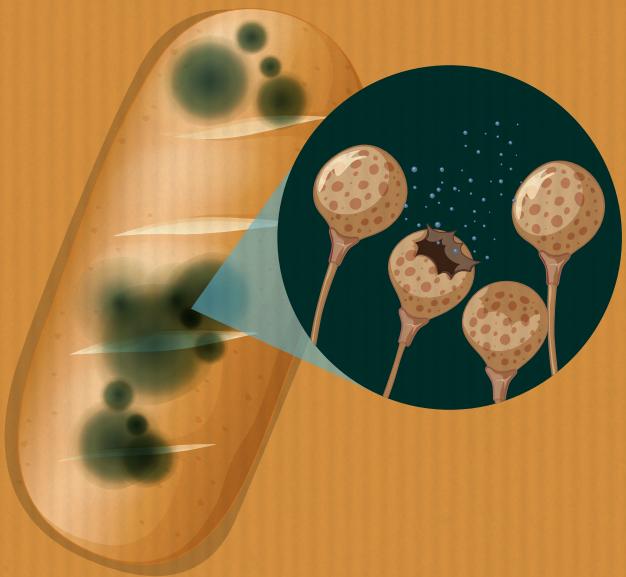
\*Contacto: xortega2400@alumno.ipn.mx



Seguramente has olvidado tu merienda en la mochila por algunos días y ¡oh sorpresa! La comida se puso peluda. En realidad, lo que apareció fue moho, una forma de hongo que puede causarte problemas a la salud. Los hongos son seres vivos muy pequeños, que muchas veces solo pueden verse con un microscopio. Son tan especiales que forman su propio reino llamado Fungi. La gran mayoría de los hongos que aparecen en nuestros alimentos son filamentosos, como si estuvieran formados por miles y miles de hilos, lo que les da esa apariencia peluda en los alimentos, mientras que el color se lo otorgan las esporas, que son diminutas estructuras que ayudan al hongo a reproducirse e infectar otros alimentos.

## ¿LOS HONGOS SON AMIGOS O ENEMIGOS?

Algunos hongos provocan reacciones alérgicas y problemas respiratorios si los comes o respiras sus esporas. Otros hongos tienen la capacidad de producir sustancias tóxicas, llamadas micotoxinas, que son venenosas y pueden enfermar a quienes las consuman. Entonces... ¿todos los hongos son malos? ¡Por supuesto que no! Algunos hongos filamentosos son utilizados para hacer quesos, de esos que huele a pies pero que ¡son deliciosos! como el queso Roquefort, incluso existen otro tipo de hongos llamados levaduriformes que son utilizados para elaborar alimentos saludables como el pan o el yogurt, por lo que no se trata de que le temas a los hongos, sino de que puedas identificar a los que causen daño.



# ¡LOS HONGOS ATACAN MI COMIDA! ¿CÓMO?

Los hongos se encuentran de manera habitual en el medio ambiente y pueden infectar a tus alimentos desde su cultivo hasta la mesa de tu cocina. El aire, agua, insectos o empaques pueden contener esporas que llegan al alimento y germinan ahí gracias a la humedad y la temperatura del ambiente, formando al moho que, al igual que tú, se nutre de los componentes del alimento para poder crecer y reproducirse.

# ¿LA COMIDA ESTÁ PERDIDA SI TIENE MOHO?

Aunque quieras convertirte en un ninja de alimentos y cortar el trozo infectado para comer el resto ¡no lo hagas! Las esporas, trocitos del hongo y micotoxinas pueden ser invisibles a nuestros ojos y no solo se encuentran sobre el alimento, sino que pueden esconderse en el interior e incluso en alimentos cercanos. Y un dato muy importante: las micotoxinas no se eliminan, aunque cocines o laves la comida. Es muy importante que no te expongas al hongo, no debes tocarlo u olerlo, sino desechar por completo los alimentos contaminados. Se deben colocar en una bolsa plástica, cerrarla perfectamente y colocarla en la basura. Y ahora ¿qué hago con el contenedor? Puedes usarlos de nuevo después de pedirle a un adulto que desinfecte el contenedor con cloro, como lo indica en el envase y finalmente lavarlo con agua y jabón.

***¡Ya eres experto en hongos! Cuéntales a tus amigos lo que aprendiste y mantén tus alimentos siempre limpios.***





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

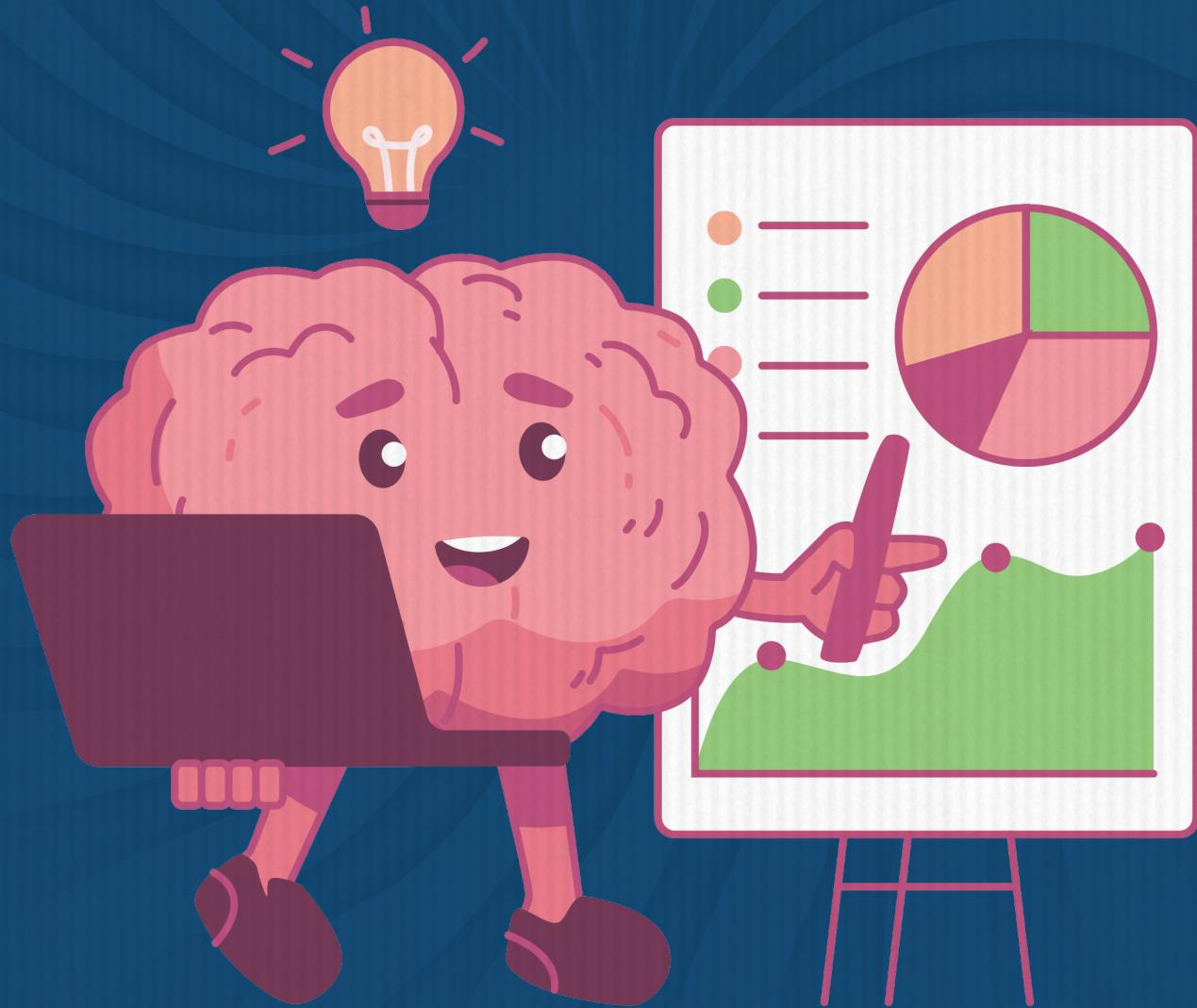
1. U.S. Department Of Agriculture. Hongos en los Alimentos: ¿Son Peligrosos? Food Safety and Inspection Service: U.S.D.A, 16 jun 2024 [Consultado 16 jul 2025]. Disponible en: <https://www.fsis.usda.gov/food-safety/safe-food-handling-and-preparation/food-safety-basics/hongos-en-los-alimentos-son>
2. Bermúdez-Almada María del Carmen y Espinosa-Plascencia Angélica. Alimentos con hongos, ¿los puedo consumir? Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD): Centro de Investigación En Alimentación Y Desarrollo (CIAD), 2 dic 2021 [Consultado 16 jul 2025]. Disponible en: <https://www.ciad.mx/alimentos-con-hongos-los-puedo-consumir/>
3. Sánchez, E., Villagrán, Z., & Anaya, L. Micotoxinas en alimentos, un peligro. Revista de Divulgación Científica iBIO, 2023, 5(2): 1-7. Disponible en: <http://revistaibio.com/ojs33/index.php/main/article/view/126/141>

# ACETILCOLINA: EL SUPERHÉROE DEL CEREBRO QUE NOS AYUDA A RECORDAR

Francisco Juárez-Carrillo<sup>1\*</sup>, Hugo A. García-Gutiérrez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

\*Contacto: 1419583d@umich.mx





La AChE es una enzima, una especie de tijeras muy pequeñas. Su trabajo es cortar una molécula llamada ACh (acetilcolina) en dos partes: colina y acetato. Así, ayuda a que el mensaje entre las neuronas se detenga y no se envíe de forma continua.



4

La AChE ayuda a regular y organizar la cantidad de ACh que existe en el cerebro. Un cerebro saludable con neuronas felices y comunicándose entre sí, permiten una buena comunicación.



5



Alzheimer llega al cerebro y afecta la comunicación entre las neuronas, ocasionando que la cantidad de ACh disminuya. Esta disminución hace que sea difícil recordar o aprender nuevas cosas.

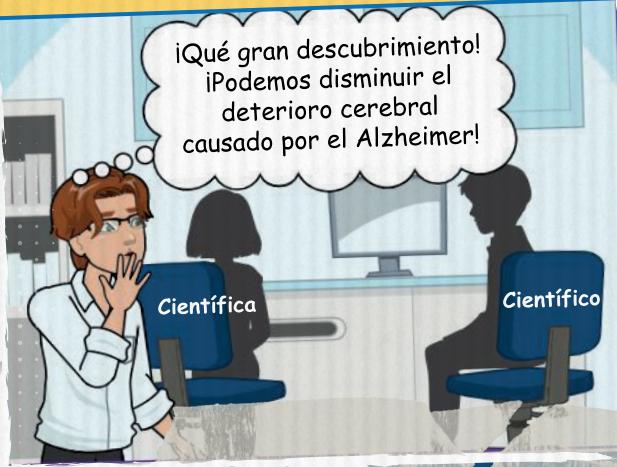
6

Las neuronas comienzan a deteriorarse y la comunicación se vuelve más difícil. AChE se entristece porque no puede detenerse y continúa rompiendo a todas las ACh que encuentra. Entonces, Alzheimer aprovecha que no hay suficiente ACh interrumpiendo la comunicación entre las neuronas.



7

Científicos descubren que en la enfermedad del Alzheimer al bloquear la función de AChE la cantidad de ACh aumenta. Por lo que la comunicación entre las neuronas mejora. La "sinapsis" es el nombre que recibe la comunicación entre las neuronas.



8

Los investigadores administran un inhibidor de la AChE, representando como un escudo que protege a la ACh de ser degradada. La cantidad de ACh aumenta y la comunicación neuronal mejora.



9

Cuando las ACh se recuperan, las neuronas comienzan a recuperarse y el personaje oscuro del Alzheimer se va disipando poco a poco.



10



A la fecha los investigadores continúan trabajando para encontrar nuevas formas de tratar el Alzheimer. Los inhibidores de AChE son medicamentos que bloquean la acción de AChE y no hidrolizan la ACh lo que aumenta la buena comunicación entre las neuronas.

¡Hola!  
Soy el inhibidor  
Galantamina.

¡Hola!  
Nosotros somos  
los inhibidores  
Rivastigmina,  
Fisostigmina y  
Donepezilo.

11



Es por eso que es de suma importancia la presencia de ACh en nuestro cerebro. Nos ayuda con la memoria y otros procesos fisiológicos.

¡Gracias Leo! Me ha quedado más claro.



Así es como la acetilcolina juega un papel importante en la enfermedad de Alzheimer, y cómo los inhibidores de AChE pueden ayudar a tratar la enfermedad.

fin

12

13

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

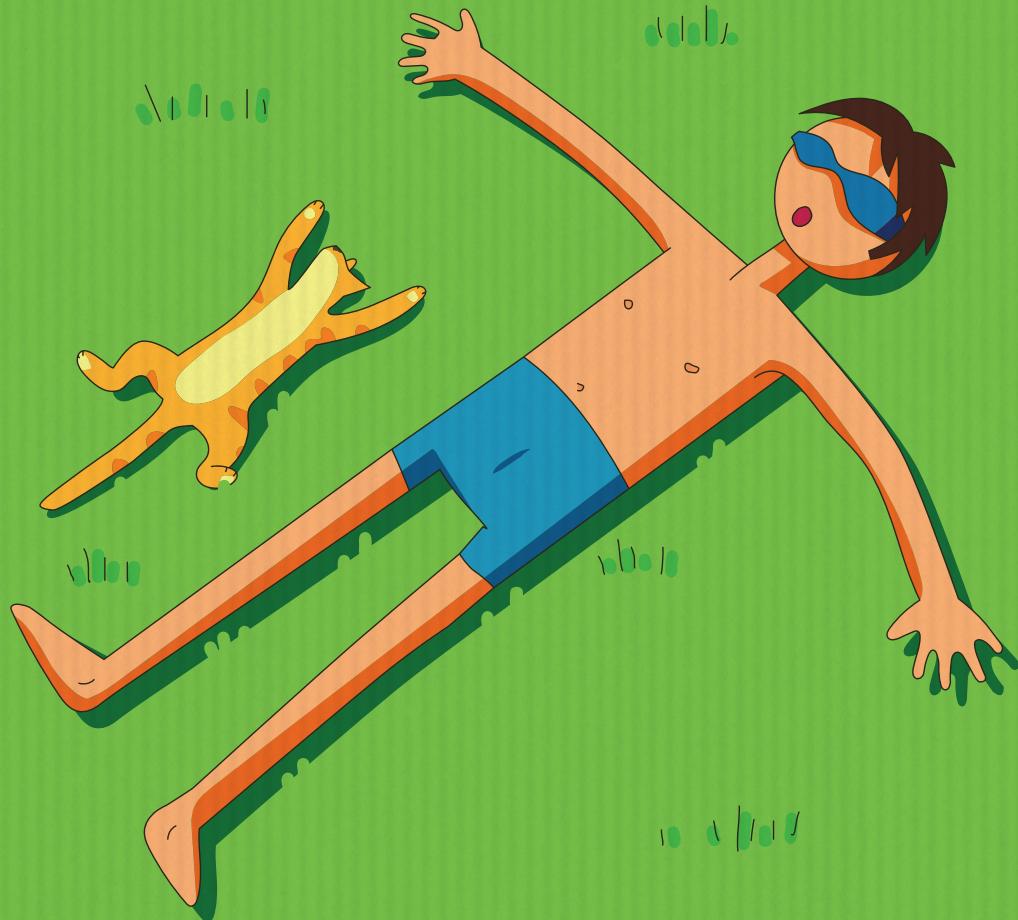
1. Breijyeh, Z., & Karaman, R. Comprehensive Review on Alzheimer's Disease: Causes and Treatment. *Molecules*, 2020, 25(24), 5789. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules25245789>
2. Zhang, J., Zhang, Y., Wang, J., Xia, Y., Zhang, J., & Chen, L. Recent advances in Alzheimer's disease: Mechanisms, clinical trials and new drug development strategies. *Signal Transduction And Targeted Therapy*, 2024, 9(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01911-3>
3. Admin, & Admin. Alzheimer, el mal neurodegenerativo más común en el mundo [Internet]. Gaceta UNAM, 21 septiembre 2023. Disponible en: <https://www.gaceta.unam.mx/alzheimer-el-mal-neurodegenerativo-mas-comun-en-el-mundo/>

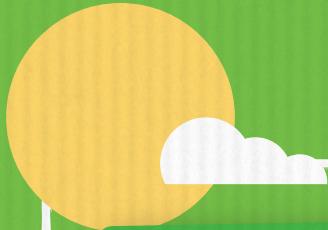
# ¿POR QUÉ ESTORNUDO CUANDO VEO EL SOL? SEGÚN LAS MATEMÁTICAS UN CUENTO DE LUZ, GENES Y NÚMEROS CURIOSOS

Adrián Alonso López<sup>1</sup>\*, Marco Aurelio Arciga Sosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, <sup>2</sup>Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

\*Contacto: adrian.alonso.lopez@umich.mx





¿Te ha pasado que sales al sol y de pronto... ¡achís! No estás resfriado, no tienes alergia, pero estornudas solo por ver la luz ¿Sabes por qué? ¡Las matemáticas y la genética tienen la respuesta!

Este fenómeno se llama estornudo fótico, y algunas personas lo tienen porque heredan un gen especial, es decir, mamá y papá te dan un regalito invisible que se queda dentro de tu cuerpo y ese regalo se llama gen, el cual, es una instrucción que dice: "cuando veas luz fuerte, ¡prepárate para estornudar!"

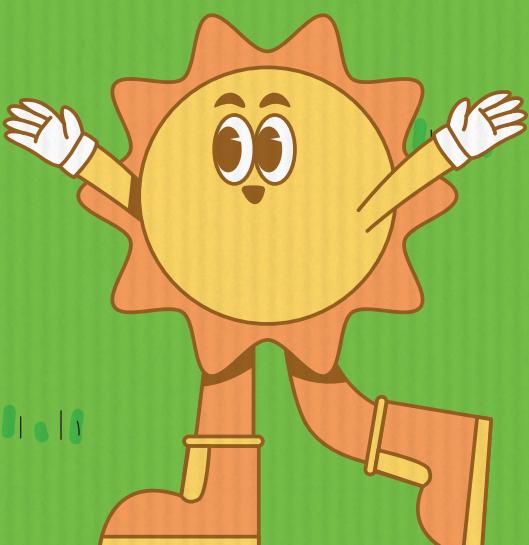
Ese gen se transmite de padres a hijos, como un regalito invisible que viene dentro de tu cuerpo.

Pero... ¿Cómo se decide si alguien recibe ese gen o no? ¡Ahí entran las matemáticas! Mamá y papá tienen dos versiones del gen (como si cada uno tuviera dos cartas). Luego, cada uno nos da una carta al azar, y la combinación que recibimos es lo que define si estornudamos o no cuando vemos el sol.



## ESTE GEN FUNCIONA DE FORMA MUY SENCILLA:

- Si tienes al menos una carta con el gen estornudador ¡achís!
- Si tienes dos cartas sin el gen, entonces no estornudas.



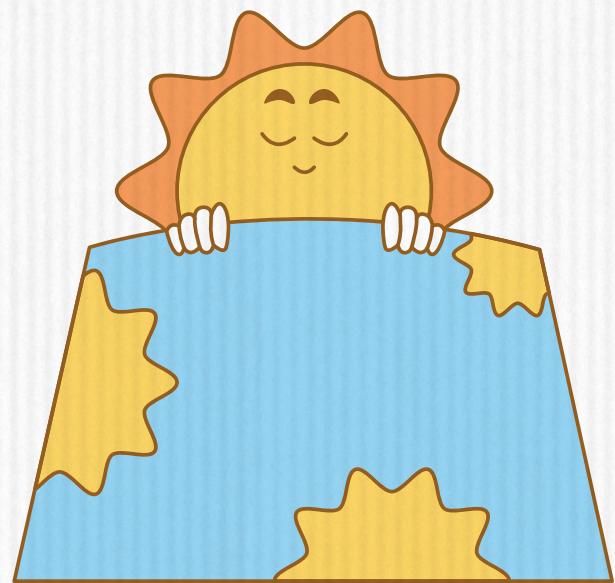
Este resultado nos muestra que el gen estornudador (o gen A) es dominante, lo que significa que siempre tiene la voz más fuerte. Si aparece en la combinación genética, provocará estornudos, incluso si está acompañado del gen no dominante (gen a). Es decir, basta con tener una sola carta estornudadora para que el estornudo gane. Por eso, si nuestros padres tienen cada uno una carta estornudadora (gen A) y una carta sin estornudo (gen a), las combinaciones posibles que podemos heredar son:



Fuente: Elaboración propia.

## ¿Y SI NO ESTORNUDAS CON EL SOL?

¡No pasa nada! Solo significa que tus cartas genéticas no traían el gen estornudador. Eres parte del otro grupo, el que también es especial.





## ¿SABÍAS QUE...?

- La palabra “probabilidad” viene de “probable”, que significa “lo que puede pasar”.
- El estornudo fótico también se llama reflejo de estornudo solar.
- Este gen lo tiene entre el 18% y el 35% de las personas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pie Contijoch, M. (2006). Introducción a la genética: El mensaje hereditario (2.ª ed.). Trillas.



# EQUIPO ECO-SOLIDARIO: ¡A SALVAR NUESTRA ESCUELA!

Armando Alberto León-López

Tecnológico Nacional de México / CIIDET  
[armando.leonlpz@gmail.com](mailto:armando.leonlpz@gmail.com)



## ¿SABÍAS QUE EN EL MUNDO HAY PERSONAS QUE TRABAJAN JUNTAS PARA RESOLVER PROBLEMAS COMO LA CONTAMINACIÓN, LA LIMPIEZA DE LA BASURA O EL CUIDADO DE LA NATURALEZA?

¡A eso se le llama cooperar!

Cooperar significa hacer las cosas en equipo para conseguir metas comunes. Cuando cooperamos podemos opinar, ayudar y tomar decisiones entre todas las personas. Y cuando nos organizamos para ayudar a nuestra comunidad, a eso le llamamos Economía Social y Solidaria.

*Puede sonar complicado, ¿verdad?  
¡Pero no lo es tanto!*

### UNA HISTORIA PARA CONTAR:

Había una vez, en una escuela de Morelia, un grupo de niños y niñas que se hacían llamar “**El Equipo Eco-Solidario**”. Cada semana se reunían en el recreo porque no les gustaba que los jardines de la escuela estuvieran llenos de basura.

**Luna, una de las niñas del equipo dijo:**

– ¡Qué triste se ve el jardín de nuestra escuela lleno de basura! Si seguimos así, no vendrán mariposas ni pajaritos.

**Emiliano, otro niño del equipo contestó:**

– Mi abuelita me contó que cuando las personas se unen, pueden lograr cosas más grandes e inspiradoras. ¡Como las cooperativas!

**Sofía, la otra niña del equipo preguntó:**

– ¿Qué es una cooperativa?



**Emiliano explicó:**

– Una cooperativa es un grupo de personas que se unen para trabajar hombro a hombro, decidir sus objetivos comunes y repartirse lo que logran. ¡Así todas las personas salen ganando!

Entonces el **Equipo Eco-Solidario** decidió formar su propia mini-cooperativa. Juntaron ideas, diseñaron carteles y limpian los jardines, además sembraron plantas y pusieron botes para poder separar la basura. ¡Fue un éxito!

Y lo mejor: se sintieron muy felices porque lo consiguieron en equipo, **¡en Equipo Eco-Solidario!**



## AHORA PREGÚNTENSE: ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE COOPERAR?

### Pistas:

- Porque es más fácil resolver problemas.
- Porque de esa manera, no estás sola o solo con tus proyectos.
- Porque entre todo el equipo se cuidan.
- Porque alcanzamos más fácil nuestras metas, como cuidar de la naturaleza, nuestra escuela o nuestra colonia.

***¡Eso es lo que enseña la Economía Social y Solidaria!***

# ¡MANOS A LA OBRA!

Juego:

## ¡La Cooperativa Eco-Solidaria en el salón de clases!

### Materiales

- Una cartulina grande (puede ser de reuso)
- Marcadores o crayones
- Papelitos de colores, recortes u hojas para reusar

### Cómo jugar:

1. Forma equipos de cinco a siete integrantes.
2. Imaginen que son una cooperativa que quiere resolver una problemática ambiental en su colonia: limpiar un parque, hacer un huerto comunitario, ahorrar agua.
3. Piensen:
  - ¿Cuál es su problemática ambiental?
  - ¿Qué pueden hacer para solucionarlo?
  - ¿Qué necesita aportar cada quien (ideas, trabajo, materiales)?
4. En la cartulina, dibujen los elementos que componen su proyecto.
5. Escriban: ¿qué valores usarán en su cooperativa?: por ejemplo, solidaridad, respeto, ayuda mutua, justicia, etc.
6. Al final, cada equipo comparte su idea al grupo.



### REFLEXIÓN FINAL:

- ¿Fue fácil ponerse de acuerdo?
- ¿Se sintieron bien al apoyarse mutuamente?
- ¿Por qué creen que es mejor trabajar en equipo?

### ¡Misión Eco-Solidaria Completada!

Así como el **Equipo Eco-Solidario**, ustedes también pueden salvar su escuela de la contaminación por basura. **¡Si se unen lo pueden conseguir!**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rosas-Baños M, Luvian-Reyes G. Cooperativismo escolar en la educación básica en México: limitaciones y oportunidades para impulsar la economía social y solidaria. *Cooperativismo & Desarrollo*, 2022, 30(123): 1-31. Disponible en: <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2022.02.08>

# EL VIAJE DE REBE: UNA IDEA PARA CAMBIAR EL MUNDO

Elisa Calderón-Altamirano<sup>1\*</sup>, Liliana Getzali Pérez Munguía<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Contaduría y Administración. Universidad Veracruzana.

<sup>2</sup>Facultad de Arquitectura. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.

\*Contacto: ecalderon@uv.mx



# HABÍA UNA VEZ UNA NIÑA MUY CURIOSA LLAMADA REBE.

Un día, mientras asistía a una feria científica con su mamá, una persona con bata blanca y grandes anteojos llamó su atención, él hablaba con mucho entusiasmo frente a un grupo de niños. Lo que decía le pareció muy interesante:

—El científico con una gran sonrisa preguntó a todos los niños presentes: ¿Sabían que las universidades existen desde hace más de 800 años?

—¡¿En serio?! ¿Dónde empezó todo eso? —preguntó Rebe, con una expresión de asombro.

—Todo comenzó en la ciudad de Bolonia en Italia. Allí nació la primera universidad del mundo. Con el tiempo, las ideas viajaron por Europa y se crearon más universidades donde la gente estudiaba filosofía, ciencia, derecho y muchas otras cosas — dijo el científico.

Además, contó que las universidades llegaron a América con la colonización de los españoles.

—En la Nueva España, por ejemplo, la primera universidad fue la Real y Pontificia Universidad de México. ¡Se fundó en 1551!

Rebe se quedó pensando. Le parecía increíble que existieran desde hacía tanto tiempo. Pero también se sorprendió cuando el científico explicó algo más:

—En esos tiempos, solo los hombres podían estudiar. Las mujeres y muchas otras personas no podían ingresar a la universidad.

—¡Qué injusto! —dijo Rebe.

—Sí, pero con el paso de los años todo eso cambió —respondió el científico. Hoy en día, en las universidades pueden estudiar mujeres, personas con diversas identidades de género, personas de cualquier lugar del mundo, y a todos aquellos que tienen ganas de aprender. — respondió el científico.

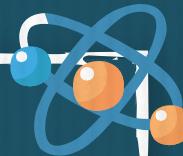
Rebe tenía muchas preguntas en su cabeza. Miró a su mamá y le dijo:

—¿Y ahora qué se hace en las universidades?

Su mamá se inclinó hacia ella y con una sonrisa respondió:

—Mucho más que enseñar, ahora también investigan y comparten lo que descubren con todas y todos.





Porque cada idea, pequeña o grande, puede ayudar a transformar el mundo.

Rebe cerró los ojos e imaginó.

Un enorme laboratorio con muchos estudiantes de distintas partes del mundo.

Algunos hacían experimentos con tubos de ensayo y otros trabajaban con computadoras y robots.

Todos querían descubrir algo nuevo.

Entonces, el científico sacó unos carteles con unas imágenes:

—Miren todos estos inventos. Las universidades han ayudado a crear vacunas, filtros de agua a partir de plantas, aparatos médicos que todos pueden usar y herramientas digitales como aplicaciones para teléfonos y tabletas para que las niñas y los niños aprendan mejor.

—¡Guau! —exclamó Rebe—. ¿Y si yo invento algo increíble?

—Si tu invento es útil y original, puedes convertirlo en una patente. Esto significa que solo tú tienes permiso para fabricar, usar o vender tu creación durante un tiempo.

—respondió el científico.

Las patentes protegen las ideas, reconocen la creatividad y motivan a seguir inventando cosas nuevas que hagan del mundo un lugar mejor.

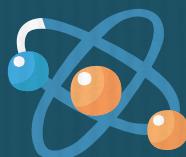
—Entonces las ideas se cuidan y se comparten! —dijo Rebe.

Luego, el científico mostró ejemplos de universidades en México que han realizado inventos que han ayudado a muchas personas:

—La Universidad Autónoma de Nuevo León, por ejemplo, creó monitores para saber si el aire que respiramos está limpio. La Universidad Veracruzana, donde hoy estamos, ayuda a personas que tienen problemas para conseguir agua limpia para beber. Y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla desarrolla tecnología para que las niñas y los niños aprendan mejor.

Rebe vio en las imágenes que mostraba el científico, personas usando un filtro de agua que estudiantes habían construido a base de plantas.

—No se trata solo de inventar cosas raras —dijo el científico—. Se trata de mejorar vidas.



Rebe imaginó su propio invento: una aplicación para los teléfonos celulares que sea mágica y pueda traducir las lenguas originarias, como la de los mayas o los purépechas, para que las personas puedan conocer, aprender y compartirlas con niñas, niños y jóvenes, y así perduren por muchos años.

—¡Yo también quiero inventar algo útil! —dijo Rebe con entusiasmo.

—Eso está muy bien, pequeña. Porque el futuro lo construyen personas curiosas como tú. Por eso es importante que todos los niños y las niñas tengan la oportunidad de soñar y aprender —dijo el científico.

Rebe y su mamá caminaron por la feria y finalmente se detuvieron frente a un enorme mural pintado con colores vivos. En él se leía:

“Imagina. Aprende. Crea. Transforma.”

—¿Sabes, Rebe? —dijo su mamá—. El futuro no se espera... ¡se inventa!

—¡Sí! —respondió Rebe—. Porque las mejores ideas son las que cambian el mundo.

**FIN**



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calderón-Altamirano E. (2022). Transferencia de tecnología universidad-industria en las Universidades Públicas Estatales de México: Un Análisis Cualitativo Comparado. Tesis doctoral, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Recuperado en: <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx>
2. Cruz, Y. y Cruz, A. (2008). La educación superior en México. Tendencias y desafíos. Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), 13(2), 293-311.
3. Organización Mundial de Propiedad Intelectual. Patentes. Recuperado: <https://www.wipo.int/es/web/patents/>
4. Universidad Autónoma de Nuevo León. (2021). Monitoreo de calidad del aire. Vigilará UANL calidad del aire desde Centro de Control. Recuperado: <https://vidauniversitaria.uanl.mx/sustentabilidad/vigilara-uanl-calidad-del-aire-desde-centro-de-control/>
5. UNESCO. (2010). Atlas of the World's Languages in Danger (3rd ed.). UNESCO Publishing. Recuperado: <https://lenguasdearagon.org/wp-content/uploads/2022/02/Atlas-of-the-World-Languages.pdf>

# SECRETOS CUÁNTICOS CON CHOCOLATE, POR FAVOR...

Jennifer López Chacón<sup>1\*</sup>, Alfredo Raya Montaño<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de <sup>2</sup>Ingeniería Eléctrica  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

\*jennifer.lopez@umich.mx



La criptografía es una forma de enviar mensajes secretos para que solo las personas correctas puedan leerlos. En la criptografía clásica, esto se logra usando claves matemáticas, como si fueran candados y llaves. La criptografía cuántica es diferente, porque usa las reglas que rigen los objetos más pequeños del universo, las que hacen que la luz y la energía se comporten de forma especial. Estas reglas permiten que, si alguien trata de mirar un mensaje sin permiso, el mensaje cambia por sí solo y todos pueden saber que alguien quiso espiar.



¿Suena complicado? No te preocupes. Para entenderlo mejor, vamos a jugar.

Te mostraremos cómo funciona la criptografía cuántica usando chocolates y lentes de colores. En nuestro juego, los chocolates representan los mensajes secretos y los lentes de colores simbolizan las formas cuánticas de leerlos. Si alguien usa el lente equivocado o trata de mirar los dos números al mismo tiempo, el "mensaje" cambia y se nota de inmediato que alguien espió. Así, igual que en la criptografía cuántica real, el sistema avisa cuando alguien rompe las reglas, garantizando que el mensaje solo pueda ser entendido por quien tiene la clave correcta.



## OBJETIVO DEL JUEGO

Construir un mensaje secreto entre dos jugadores usando chocolates y lentes de colores.

## ¿QUÉ NECESITAS PARA JUGAR?

El juego puede realizarse mínimo con 2 jugadores (quien envía el mensaje y quien lo recibe), pero también pueden participar más personas si quieren formar equipos. En ese caso, un grupo puede encargarse de enviar los mensajes secretos y el otro de recibirlos y descubrirlos.

## AHORA PREGÚNTENSE: ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE COOPERAR?

- Una caja o bote con muchos chocolates envueltos en papel oscuro.
  - Toma tus chocolates y escríbeles dos números pequeños, uno con tinta roja y otro con tinta verde.
  - Cada número puede ser 0 o 1, y pueden repetirse (por ejemplo, rojo 0 y verde 0, o rojo 1 y verde 0).
  - Los dos números deben ir en lados opuestos del chocolate, para que al verlo con los lentes especiales, con un color no se note el otro.
- Dos pares de lentes hechos con papel celofán: uno rojo y uno verde.
- Una moneda para cada jugador.
- Banderitas de papel (una roja y una verde por jugador).
- Un cuaderno para anotar los resultados.

## ¿CÓMO SE JUEGA?



Formen una pareja de juego: Jugador 1 y Jugador 2. El Jugador 1 será quien envíe el mensaje secreto, y Jugador 2 será quien lo reciba. Además, elijan a una tercera persona que será quien lleve el mensaje. La o el mensajero solo lleva el chocolate de un jugador al otro sin mirar los números. Su tarea es asegurarse de que el mensaje llegue intacto y sin ser espiado, igual que en la criptografía cuántica.



**2**

**Jugador 1 lanza su moneda:**

- Si sale cara, se pone los lentes verdes.
- Si sale cruz, se pone los lentes rojos.

**4**

**La o el mensajero lleva ese mismo chocolate hasta el Jugador 2. La o el mensajero solo puede revisar que el envoltorio esté cerrado o sin daño, pero no puede mirar ninguno de los números, ni el que vio el Jugador 1 ni el otro color.**

**6**

**Jugador 2 observa el chocolate, anota el número y el color de sus lentes.**

**8**

**Jueguen varias rondas. Entre más coincidencias haya, más largo será el mensaje secreto.**

**3**

**Jugador 1 toma un chocolate y lo observa con sus lentes.**

- Solo verá el número del color correspondiente a los lentes que lleva puestos.
- Anota el número y el color.
- Está prohibido mirar el otro número del chocolate. Si lo intenta, el mensajero se queda con ese chocolate (para simular que "alguien interceptó el mensaje").

**5**

**Jugador 2 lanza su moneda y escoge lentes:**

- Si sale cara, se pone los lentes verdes.
- Si sale cruz, se pone los lentes rojos.

**7**

**Ahora, Jugador 1 y Jugador 2 levantan su banderita (verde o roja), según el color de los lentes que usaron para ver el chocolate.**

- Si los colores coinciden, significa que ambos usaron el mismo tipo de lentes, así que el número se guarda como parte del mensaje secreto.
- Si los colores no coinciden, el número se descarta, porque no se puede usar para crear un mensaje confiable.

## ¿CUÁNDO SE COMEN LOS CHOCOLATES?

Los chocolates solo se pueden comer cuando el número se guarda en el mensaje secreto, es decir, cuando Jugador 1 y Jugador 2 usan el mismo color de lentes. En ese caso, ambos jugadores ganan juntos el chocolate, porque lograron comunicarse sin errores ni espías, igual que en la criptografía cuántica real. Si los colores no coinciden o alguien rompe las reglas, el chocolate se queda con el mensajero (como señal de que el mensaje fue interceptado).

Figura 1. Pasos del juego “¡Adivina el secreto y gana un chocolate!”. Lanza una moneda para elegir los lentes de color, observa un número escondido en un chocolate, entrégalo a tu compañero, anota el número, comparen los colores y, si coinciden, ¡pueden comer un chocolate!



## ¿QUÉ APRENDIMOS?

Aprendimos que la información puede viajar escondida y que solo se revela a quienes usan la “forma correcta de mirar”. En el mundo real, la criptografía cuántica funciona igual: solo las personas con la clave correcta pueden leer el mensaje. También descubrimos algo muy importante: Si alguien intenta espionar un mensaje cuántico, deja una huella que todos pueden notar, igual que cuando un jugador intenta ver el número equivocado del chocolate. La ciencia puede proteger secretos, cuidar la información en internet y evitar espías digitales. Y todo empieza entendiendo un número, un color y una buena forma de mirar.



Las computadoras cuánticas son un tipo nuevo de procesadores que funcionan con reglas diferentes a las que usan las computadoras normales. Mientras que una computadora común piensa usando bits (la unidad más pequeña de información) que pueden ser un 0 o un 1, las computadoras cuánticas usan qubits, que pueden ser 0, 1 o los dos a la vez ¡como si el número estuviera jugando a esconderse!

Esto las hace muy poderosas para resolver ciertos problemas muy difíciles, como buscar patrones, predecir el clima o proteger información, igual que en nuestro juego con chocolates. Aunque todavía se están desarrollando, los científicos creen que cuando estén listas, las computadoras cuánticas podrían ayudarnos mucho, por ejemplo, en la medicina, la ciencia y la seguridad de internet.

## **¡Y TODO EMPIEZA ENTENDIENDO CÓMO FUNCIONA UN SECRETO BIEN GUARDADO!**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Svozil, K. (2006). Puesta en escena de la criptografía cuántica con bolas de chocolate. American Journal of Physics, 74 (9), 800-803. <https://doi.org/10.1119/1.2205879>

# UN ÁRBOL TRISTE Y UN ÁRBOL FELIZ: CÓMO RESOLVER PROBLEMAS

Eva Grissel Castro Coria<sup>1\*</sup>, Daniel Olegario León Ruiz<sup>2</sup>

Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación, IMCED.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

\*Contacto: eva072001@hotmail.com



Claro que me gusta ir a la escuela, pensó Elisa mientras miraba por encima de la ventanilla del carro, pero en Morelia, muchas escuelas parecían empeñadas en que los niños entraran a las 7:00 de la mañana.

- ¿Por qué tan temprano?, ¿Siempre hay que levantarse así de temprano para ir a la escuela? Se preguntó Elisa

Pero lo que más le preocupaba, no era la hora, sino la entrada a la escuela era un reto diario. No había ninguna rampa y subir las escaleras era casi imposible. Todo se complicó desde un accidente ocurrido años atrás, su espalda no había quedado bien, claro que podía caminar, pero solo unos cuantos pasos antes de sentirse completamente agotada y, a esa hora, tan temprano, ya no le quedaban ánimos para intentarlo. Por eso usaba una silla de ruedas y subir esos cinco escalones se sentía como escalar una montaña, Elisa los llamaba "los escalones imposibles". Su mamá, con mucho esfuerzo, la ayudaba a subir, dando pequeños brincos con la silla, lo que le provocaba una sensación de cansancio mental que parecía no tener fin.

- ¿Será siempre así hasta que termine de estudiar?, se preguntaba.
- ¿Y cuándo será eso? Recordó que varias de sus tías, ya mayorcitas, decían que ellas seguían estudiando.
- ¿Hay algo más después de la universidad?, pensó confundida.

Mientras tanto, debía bajar del carro.

Elisa llegó al salón de clases, donde ya estaban varios niños, eran niños como ella, con características que muchas personas consideran "especiales", por ejemplo, Ernesto usaba unos lentes enormes que se empañaban todo el tiempo, Manuel tenía unos aparatos detrás de las orejas y siempre los ajustaba para escuchar mejor y Alejandra permanecía en la parte trasera del salón, intentando no sobresaltarse con los ruidos y colores que parecían abrumarla.

Elisa entendía esa sensación: era la misma que sentía cada vez que debía subir las escaleras, y en su cabeza se preguntaba:

- ¿Por qué no hay una solución para esto?, ¿Y si se lo propongo a la maestra? Tal vez podrían hacer algo, porque no era la única con dificultades... y la verdad, ya estaba cansada.

Así que, con un hoyo en la panza —ese miedo que se siente al intentar algo nuevo—, Elisa se armó de valor y rodó con su silla de ruedas hasta donde estaba la maestra, siempre le resultaba difícil mirar hacia arriba desde su silla, así que decidió jalarla de la ropa para que ella se inclinara y pudiera hablarle.

- ¡Basta ya! Necesitamos hacer algo, Miss Mon... tenemos que encontrar una solución— dijo Elisa con firmeza.



A la maestra todos le decían Miss Mon, porque su nombre completo, Montserrat Aránzazu, era demasiado largo.

- ¿Quién le habría puesto un nombre tan complicado?, pensó Elisa. Era mucho más fácil llamarla simplemente Mon.

Miss Mon se sorprendió al escuchar cómo Elisa narraba no solo su propia problemática, sino también la de sus compañeros: Ernesto con sus lentes enormes, Alejandro con los aparatos en los oídos, y Alejandra que siempre parecía abrumada por los ruidos y colores.

- Permíteme... sé que debemos hacer algo, pero no estoy segura de cómo empezar.
- ¡Lo investigaré! respondió la maestra con un gesto decidido.

Un rato después, Miss Mon regresó al salón cargando dos cartulinas inmensas, las colocó frente a la clase y anunció:

- Tenemos que resolver este problema. Vamos a usar una herramienta muy especial llamada la metodología del marco lógico.
- ¿Qué es eso? —preguntó Elisa con curiosidad.
- ¿El marco qué? —preguntaron varios niños a la vez, abriendo los ojos como platos.
- Es una serie de pasos ordenados que usan los gobiernos, las organizaciones y las personas para analizar problemas y proponer soluciones —explicó la maestra—. Hagamos lo mismo aquí.

La maestra colocó las cartulinas frente a la clase y anuncio:

- ¡Vamos a dibujar nuestros propios árboles! Primero el árbol triste con los problemas... y luego, el árbol feliz con todas las soluciones.



Paso 3: Piensa en las consecuencias: ¿Qué pasa si no resolvemos el problema?

Paso 1: Encuentra el problema principal: ¿Cuál es el gran problema que queremos resolver?

Paso 2: Busca las causas: ¿Por qué existe ese problema?



Paso 6: Imagínate los beneficios: ¿Qué pasará cuando logremos nuestro objetivo?

Paso 4: El objetivo principal: ¿Qué queremos lograr?

Paso 2: Piensa en acciones: ¿Qué podemos hacer para lograrlo?

Entonces comenzó a explicar una serie de pasos, mientras dibujaba en las cartulinas dos grandes árboles: uno lleno de problemas y otro lleno de soluciones.

- Comenzaremos con el árbol de problemas dijo Miss Mon con voz firme pero amable.
- Paso 1: Encuentra el problema principal ¿Cuál es el gran problema que queremos resolver? Lo dibujaremos en el tronco del árbol.
- No hay rampas para entrar a la escuela, propuso Miss Mon.
- Paso 2: Busca las causas: ¿Por qué existe ese problema? Las raíces del árbol nos contarán las causas, continuó Miss Mon.
- La escuela no tiene diseño para sillas de ruedas... y la verdad es que los maestros no saben cómo ayudar, dijo Elisa casi sin pensarlo, porque eso lo vivía todos los días.
- Paso 3: Piensa en las consecuencias: ¿Qué pasa si no resolvemos el problema? Esas serán las ramas y hojas del árbol, agregó Miss Mon.
- Algunos niños no pueden entrar, y otros llegan cansados o frustrados, respondió Elisa de inmediato, eso era fácil; lo sentía en carne propia.
- Ahora haremos el árbol de soluciones —anunció Miss Mon con una sonrisa.
- Paso 4: Dibuja el árbol de soluciones: Este será un árbol feliz, lleno de soluciones, En el tronco pondremos el objetivo principal: ¿qué queremos lograr?
- ¡Que todos los niños puedan entrar fácilmente a la escuela! —gritó Ernesto emocionado.
- Paso 5: Piensa en acciones: ¿Qué podemos hacer para lograrlo? Las raíces del árbol mostrarán nuestras acciones, continúo Miss Mon.

- 
- Construir rampas, pedir apoyo a la comunidad, recolectar dinero, que el maestro de educación física ayude en lo que se construyen las rampas ... dijeron los niños y niñas del salón.
  - Aquí nos tardamos un poco más porque tuvimos que investigar, pero finalmente logramos completar el paso cinco, pensó Elisa.
  - Paso 6: Imagina los beneficios: ¿Qué pasará cuando logremos nuestro objetivo? Esos serán los frutos y hojas del árbol, dijo Miss Mon.
  - Los niños entrarán felices, nadie se cansará tanto, y la escuela será para todos, respondió Alejandra con una breve sonrisa.

Elisa miró las cartulinas y sintió cómo el hoyo de su panza se llenaba poquito a poquito de ilusión y pensó:

- Tal vez sí podamos cambiar las cosas.
- A lo lejos, escuchó las voces de sus compañeros:
- Si hubiera mejor ventilación ¡Por fin podría ver bien la pizarra sin preocuparme de que se me empañen los lentes!, dijo Ernesto con una sonrisa enorme.
  - Si Miss Mon me hablara de frente y con algún apoyo visual, podría escuchar mejor, sin perderme nada —comentó Alejandro, ajustando sus aparatos con entusiasmo.
  - Ciento, a mí me ayudaría mucho, si la maestra me explica las cosas despacio y con ejemplos, ya no me sentiría tan cansada, susurró Alejandra, con un brillo tímido en los ojos.

Entonces Elisa suspiró profundo y dijo con voz firme:

- Yo podré entrar a la escuela sin que mi mamá tenga que hacer malabares con la silla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas (No. 5607). Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)  
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5607>



## **Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación**

GOBIERNO DE MICHOACÁN



INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN



ICTI.MICHOACÁN

📞 443 846 3319

📠 443 324 8607

✉️ icti@michoacan.gob.mx

🌐 icti.michoacan.gob.mx

📍 Calzada Juárez #1446, Col. Villa Universidad, 58060, Morelia, Michoacán