

sabermás

Revista de Divulgación
de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Año 15 / Número 85 / 2026
Morelia, Michoacán, México

U.M.S.N.H.

ISSN 2007-7041



UNIVERSIDAD MICHOCANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
Cuna de héroes, crisol de pensadores

ISSN-2007-7041

CONTENIDO



El futuro de la obtención de compuestos vegetales

60

ARTÍCULOS

El ajolote de montaña que lucha por sobrevivir en México	22
Probióticos: Aliados de las abejas	27
La historia detrás del pulque	32
Incubadora de alimentos: Invernaderos	36
Microbios metabólicos: La relación que define tu bienestar	41
El derecho a elegir. La importancia de la Voluntad Anticipada	45
La prohibición de sancionar dos veces	49
La madera, el material del futuro	53
Pastos nativos de zonas semiáridas: Recursos en riesgo	69
Navegando hacia un futuro sostenible y de innovación con motores Otto	74
La materia oscura o la nada: Título de mi película	79
La tortilla y su disyuntiva en la actualidad	83
Los beneficios del ejercicio en nuestro cerebro	88
Sífilis: Problemas para adultos y consecuencias en niños	92



22



32



41



49



74



83

ENTÉRATE

La verdad oculta del yogur griego 6

Cultivos del futuro: Agricultura inteligente e invernaderos del futuro 10

TECNOLOGÍA

La primera red permanente de monitoreo en un campo volcánico de México 97

UNA PROBADA DE CIENCIA

El nombre de la rosa (ilustrado) 102

CIENCIA EN POCAS PALABRAS

Las hidrofobinas, el impermeable de los hongos 105

LA CIENCIA EN EL CINE

Knives Out 110

NATUGRAFÍA

Crotalus polystictus (Cascabel ocelada) 114

QUEHACER CIENTÍFICO NICOLAITA

14 años de Saber Más: Divulgando Ciencia 115



Entrevista Dra. Nandini Barbosa Cendejas

Investigadora y profesora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, adscrita a la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

14

DIRECTORIO



Rectora

Yarabí Ávila González

Secretario General

Javier Cervantes Rodríguez

Secretario Académico

Antonio Ramos Paz

Secretario de Difusión Cultural

Miguel Ángel Villa Álvarez

Coordinador de la Investigación Científica

Jaime Espino Valencia

Secretario Administrativo

César Macedo Villegas

Secretario Auxiliar

Jorge Alberto Manzo Méndez

Abogado General

Jesús Alfonso Guerra Cruz

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 15, No. 85, Enero - Febrero, es una publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, sabermas.publicaciones@umich.mx, sabermasumich@gmail.com. Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Área de Tecnologías y Procesos de Información de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, febrero 2026. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.



Revista editada por la Coordinación de la Investigación Científica

Director

Dr. Jaime Espino Valencia
Coordinador de la Investigación Científica

Director-Ejecutivo

Dr. Rafael Salgado Garciglia
Instituto de Investigaciones Químico Biológicas
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Editor en Jefe

Dr. Horacio Cano Camacho
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Comité Editorial

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez
Instituto de Física y Matemáticas
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Dra. Adela Rendón Ramírez
Presidenta de la RED GLOBAL MX, Capítulo España,
Sede Embajada de México en Madrid, España.

Dra. Leonor Solís Rojas

Contacto Institucional con medios masivos de comunicación y responsable de las redes sociales del IIES, UNAM, Campus Morelia.

Dra. Martha Eva Viveros Sandoval

Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas
"Dr. Ignacio Chávez"
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Dra. Nandini Barbosa Cendejas

Facultad de Ingeniería Eléctrica,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Diseño y Edición

T.D.G. Maby Elizabeth Sosa Pineda
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

Corrección de estilo

Lourdes Rosangel Vargas

Administrador de Sitio Web

Fidel Anguiano Rodríguez

Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

EDITORIAL

Bienvenidos a una nueva entrega de *Saber Más*, con este número 85, iniciamos el volumen 15, ya que cumplimos 14 años de publicación ininterrumpida de nuestra revista de divulgación científica, el que te invito a leer ya que todos sus artículos, secciones y la entrevista fueron cuidadosamente seleccionados para celebrar este aniversario más.

Nos detenemos a observar la fascinante intersección entre la tradición, la resiliencia biológica y las fronteras de la innovación tecnológica. La ciencia no es un ente aislado, es el hilo conductor que une nuestro pasado con las posibilidades de un mañana sostenible. Abrimos nuestras páginas con un vistazo al futuro de la obtención de compuestos vegetales, nuestro artículo de portada, que nos invita a repensar cómo la biotecnología puede potenciar las bondades de la naturaleza. Esta mirada hacia adelante se complementa con la urgencia del presente: la lucha del ajolote de montaña por sobrevivir en México y el riesgo que enfrentan los pastos nativos de zonas semiáridas, recordándonos que la conservación es una tarea impostergable. La vida, en sus formas más microscópicas, también reclama su protagonismo. Exploramos cómo los probióticos se han convertido en aliados vitales de las abejas y cómo nuestra propia salud depende de esos microbios metabólicos que definen nuestro bienestar. Incluso en el plato, la ciencia nos sorprende: desde la disyuntiva actual de la tortilla y la historia detrás del pulque, hasta la reveladora verdad oculta del yogur griego en nuestra sección Entérate. La innovación

no se detiene en el laboratorio. Analizamos la madera como el material del futuro, la eficiencia de los motores *Otto* en la navegación sostenible y la implementación de la primera red de monitoreo en campos volcánicos de nuestro país. Al mismo tiempo, nos adentramos en los misterios del cosmos con una reflexión sobre la materia oscura y en los beneficios que el ejercicio otorga a nuestro cerebro. En el ámbito social y ético, abordamos temas cruciales como la Voluntad Anticipada, la justicia legal y los retos de salud pública como la sífilis. Además, celebramos el aniversario de *Saber Más* en el Quehacer Científico Nicolaita, resaltando lo logrado en estos 14 años y compartiendo una charla inspiradora con la Dra. Nandini Barbosa Cendejas, Jefa del Departamento de Comunicación de la Ciencia de nuestra Universidad. Desde el cine con *Knives Out*, pasando por la belleza técnica de las hidrofobinas en los hongos, hasta la majestuosidad de la cascabel ocelada en Natugrafía, este número es una invitación a explorar la complejidad del mundo que habitamos.

Los invitamos a sumergirse en estas páginas, donde cada artículo es una semilla de conocimiento diseñada para germinar en una sociedad más crítica y consciente.

¡Buena lectura y Feliz Aniversario de *Saber Más*!

DR. Rafael Salgado Garciglia
DIRECTOR EJECUTIVO DE SABER MÁS



COORDINACIÓN
DE LA INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA



DEPARTAMENTO
DE COMUNICACIÓN
DE LA CIENCIA



ANUIES - TIC



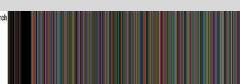
Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



Dialnet

MIAR

latindex



LatinREV

ENTÉRATE

La verdad oculta del yogur griego

*Karla Janeth Pineda-Rojas



Imagen creada por Gemini.google.com

El yogurt griego es un producto que, por su fabricación, logra concentrar más las propiedades de las proteínas, las bacterias saludables, las grasas, los nutrientes, etc. Este producto puede ser consumido por personas con tolerancia a la lactosa debido a la fermentación de los microorganismos. El consumo de proteína en alimentos se ha popularizado en los últimos años, pero ¿Por qué es tan bueno consumir proteína? Por las diversas funciones que desempeñan en el organismo, como la función enzimática, hormonal, transporte de hemoglobina, sistema inmunológico como los anticuerpos, estructural como el colágeno, entre otras más. Actualmente, se consume en grandes cantidades, principalmente por los deportistas y las personas que asisten al gimnasio, precisamente

porque contribuye a la respuesta de síntesis de proteína muscular, además de ayudar a evitar la degradación muscular, así como fortalecer y desarrollar la masa muscular.

Las proteínas son macromoléculas formadas por un conjunto de aminoácidos que se encuentran unidos por enlaces peptídicos. Dependiendo de la combinación de los aminoácidos, será el tipo de proteína. En la leche podemos encontrar proteínas tales como caseína, beta-lactoglobulina, alfa-lactoalbúmina, lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas, lisozima, entre otras.

El yogurt es un producto derivado de la leche, obtenido a partir de la fermentación de microorganismos de la leche; algunos se encuentran en gran cantidad, como *Lactobacillus delbrueckii*,

Streptococcus thermophilus y *Lactobacillus bulgaricus*. Durante la fermentación, la lactosa, que es el azúcar de la leche, se separa en azúcares simples, para ser más precisos, en galactosa y glucosa, para así convertirse después en ácido láctico, el cual le confiere su acidez, permitiendo cuajar las proteínas de la leche, creando la textura del yogurt.

El yogurt tiene un sabor diferente a la leche debido a que la fermentación láctica genera compuestos como péptidos y aminoácidos que le dan ese sabor al yogurt distintivo a la leche convencional.

Ya sabemos qué es un yogurt; ahora hablaremos del yogurt griego

Es un tipo de queso de yogurt o un yogurt convencional, al cual se le realiza un colado, generalmente unas tres veces, para reducir el suero de leche y así eliminar una parte de la lactosa y concentrar otros nutrientes como las proteínas, grasas, minerales, obteniéndose la textura característica de este tipo de yogurt: más sedosa, suave y con un

sabor diferente. El yogurt griego es un concentrado de leche y suele ser más ácido; se puede decir que es un híbrido entre la crema y el queso cottage.

La fabricación de este tipo de yogurt va desde el casero hasta el procesado por cadenas comerciales de productos lácteos, los cuales en sus etiquetas resaltan que contiene altas cantidades de proteína, es bajo en grasa, bajo en carbohidratos, entre otras propiedades en comparación con el yogurt convencional, lo cual lo hace atractivo al consumidor. Además de lo anterior, hay marcas que los etiquetan como «sin lactosa», ya que, con el proceso de la fermentación, se mantienen microorganismos activos que se encargan de convertir la lactosa en ácido láctico, permitiendo una mejor absorción. Asimismo, por las investigaciones realizadas, se recomienda que personas con intolerancia a la lactosa puedan consumirlo debido a su bajo contenido de lactosa, pero hay que resaltar que no todas las personas somos iguales, por lo que hay que ser precavido en su consumo. El yogurt griego es más concentrado en leche que el yogurt convencional,



https://www.freepik.es/foto-gratis/frascos-yougurt-granola_8738434.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=ocb38ee0-3b84-47eb-ac1b-1269591b3b38&quey



https://www.freepik.es/foto-gratis/delicioso-desayuno-tazon-yogurt-avena_7938735.htm#fromView=image_search_similar&page=4&position=39&uuid=b2d3c457-2b2b-49ac-b83c-3cdae2ee514c&query=yogurt

por lo que tiene un mayor contenido de proteínas y es por esto que se ha popularizado su consumo.

¿Es verdad que el yogurt griego tiene cantidades mayores de proteína y podemos considerarlo con bajo contenido de aditivos?

Mientras que el yogurt tradicional tiene hasta el 5 % de contenido en proteína, en el yogurt griego es el doble (10 %), aunque se ha demostrado que realmente este contenido es más bajo, algunos con solo un 3.9 %. También se ha demostrado que el yogurt griego comercial contiene aditivos como leche en polvo, concentrados de proteína, crema de leche, almidón, harina y espesantes como maltodextrina, carragenina, goma de algarrobo y gellanina, así como azúcares, lo que puede ser más difícil de digerir, suma calorías y grasa a la dieta. Los edulcorantes utilizados varían entre estevia, fruta del monje y sucralosa acesulfame, los cuales no deben ser consumidos por niños, ya que no aportan ningún beneficio y podrían causarles hiperactividad

y otros padecimientos de acuerdo con la cantidad consumida.

Aunque la añadidura de aditivos es para mantener o mejorar la frescura, el valor nutricional, el sabor, la textura y la apariencia, se ha comprobado que tienen poco o nulo aporte nutricional y su uso en alimentos está estrictamente regulado por considerar algunos de ellos no seguros y con potencial de ser dañinos para nuestra salud. También se adicionan a algunas marcas de yogurt griego saborizantes, frutas, vegetales, miel, chocolate, café, cereales, nuez, bacterias benéficas, frutos secos, especias o edulcorantes para hacerlo más atractivo a los consumidores.

Entonces, ¿es saludable y natural el yogurt griego?

Si hablamos de las marcas comerciales, no, por lo antes señalado, ya que, dependiendo de la marca, pueden contener aditivos no recomendados para la salud relacionados con problemas como asma, anemia, estreñimiento, obesidad, problemas

gastrointestinales e inclusive efectos carcinógenos; por tanto, es importante que, al momento de comprar un yogurt, revisemos su etiquetado, la información nutricional, refrigerarlo y revisar las fechas de caducidad.

«Como consumidores debemos tener la responsabilidad de revisar tanto las etiquetas y reportar todo aquello que no cumpla con las normas».

¡El yogurt griego saborizado es saludable!

La verdad es que el yogurt griego tiene muchas propiedades, pero si le sumamos más azúcares que las propias de la leche, como edulcorantes, trozos de frutas, concentrado de jugo, etc., entonces realmente no sería sano consumirlo en grandes cantidades solo porque el contenido de proteína es más alto.

Hay diferentes mitos del yogurt griego, por ejemplo, que todo yogurt se elabora de la misma manera, cuando no es así, ya que algunas marcas omiten el colado y añaden espesantes. Otro mito es

que el yogurt griego es vegetariano, cuando en realidad algunas marcas añaden gelatinas que contienen colágeno, un subproducto animal.

¡Elegir lo nutritivo de lo delicioso!

A veces la textura o lo dulce nos hace elegir un producto de otro, una marca de otra, pero hay que dimensionar que no siempre lo que nos gusta al paladar es saludable y, si elegimos un buen yogurt, que además de ser una fuente de proteína, calcio, fósforo, vitaminas y probióticos, entre otros, también tiene una buena consistencia y un sabor agradable, sin exagerados aditivos y edulcorantes, estaremos haciendo una buena elección. Así que hay que tener en mente que la calidad no siempre es la más vendida y lo más vendido no es lo de mejor calidad. **¡Consume lo saludable!**

* **Karla Janeth Pineda-Rojas**. Estudiante del Programa de Maestría Ciencias de la Salud, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas «Ignacio Chávez», Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
1719100k@umich.mx



Aguilar D., Piedra F., Anguiano K. y Ramírez A. (2023). El mito del yogur griego. *Revista del Consumidor*, 562, 108 p. https://www.profeco.gob.mx/revista/Revista-DelConsumidor_562_DICIEMBRE_2023.pdf

Allen M.M., Pike O.A., Kenealey J.D. y Dunn M.L. (2021). Metabolomics of acid whey derived from Greek

yogurt. *J. Dairy Sci.*, 104(11), 11412. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(21\)00835-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(21)00835-3/pdf)

Colina C. (2023). Estos son los beneficios de desayunar yogurt griego por las mañanas por tres años. Original por Coltrinari I. (Italia). *Vogue*, México y Latinoamérica. <https://www.vogue.mx/articulo/beneficios-de-desayunar-yogur-griego-por-las-mananas>

ENTÉRATE

Cultivos del futuro: Agricultura inteligente e invernaderos del futuro

*Ángel David García-Tapia y José María Ponce-Ortega



<https://house.decorexpro.com/es/teplica/umnaya/>

Tecnologías como el *big data*, *internet de las cosas (IoT)*, los sensores y los vehículos aéreos no tripulados (UAV) son ejemplos del futuro de la industria. La aplicación e integración de tecnologías de vanguardia en la agricultura, o «agricultura inteligente», impulsa la industria hacia una nueva revolución verde. Entre las herramientas más utilizadas en la agricultura inteligente se encuentran la robótica y los drones. La agricultura inteligente tiene un potencial real para proporcionar una producción agrícola más productiva y sostenible que se basará en un enfoque de uso más preciso y eficiente de los recursos.

La agricultura inteligente es un sistema de producción completo que utiliza desarrollos tecnológicos y procesos de toma de decisiones específicos para vincular todos los factores de producción, combinando conocimiento e investigación

agrícola para optimizar el campo. Este enfoque se centra en tres áreas tecnológicas interrelacionadas:

1. Agricultura de precisión: Gestiona las variaciones espaciales y temporales para mejorar los resultados económicos, reduciendo los insumos y minimizando el impacto ambiental.
2. Automatización y robótica agrícola: Cubre la aplicación de tecnologías de robótica, control automatizado e inteligencia artificial en todos los niveles de la producción agrícola. Esto incluye el uso de robots agrícolas y drones. El principal objetivo de la agricultura inteligente, o de precisión, es maximizar la producción agrícola mediante una elección óptima de prácticas agrícolas, mejorar la protección del medioambiente mediante el uso de productos químicos y la utilización correcta de la maquinaria agrícola,

así como optimizar las condiciones de trabajo del personal y aumentar la ganancia financiera.

3. **Sistemas de información de gestión:** Estos sistemas están diseñados para recopilar, procesar, almacenar y difundir información en la forma necesaria para llevar a cabo las tareas y actividades de una empresa agrícola.

¿Qué es un invernadero?

Es una estructura que protege las plantas y los vegetales del frío y de otras condiciones climáticas adversas. Los invernaderos están diseñados para controlar la temperatura, la humedad y otros factores ambientales, favoreciendo el desarrollo de los cultivos.

¿Qué son los invernaderos inteligentes?

Son instalaciones que crean el ambiente adecuado para el óptimo desarrollo de los cultivos de manera autónoma. Esto se logra mediante el uso de tecnologías como sensores, actuadores y sistemas

de monitoreo integrados. Los sensores instalados dentro del invernadero miden diversas variables ambientales esenciales, tales como la temperatura, la humedad, la intensidad de radiación solar, los niveles de dióxido de carbono, entre otros. Estos datos permiten ajustar automáticamente las condiciones del invernadero, asegurando un entorno ideal para el crecimiento de las plantas. Los sistemas de monitoreo evalúan y ajustan estos parámetros en tiempo real, lo que maximiza la eficiencia y la productividad de los cultivos, al mismo tiempo que minimiza el uso de recursos.

Ventajas que ofrecen los invernaderos inteligentes

1. **Mejores condiciones para cada etapa de crecimiento.** Cada cultivo tiene diferentes requerimientos climáticos a lo largo de sus distintas etapas de crecimiento. Los sensores ambientales del invernadero inteligente pueden ajustar y mantener el ambiente óptimo para cada



<https://pixabay.com/illustrations/farming-agriculture-modern-8851637/>

fase del desarrollo de las plantas, asegurando así que las condiciones sean siempre las mejores posibles para cada momento específico del ciclo de vida del cultivo. Esto incluye ajustes en la temperatura, la humedad, la luz y los niveles de dióxido de carbono.

- 2. Mejora en calidad y en producción.** Las temperaturas extremas, ya sean muy altas o muy bajas, pueden afectar negativamente a las plantas. Los sistemas automatizados de un invernadero inteligente ofrecen protección fisiológica contra estos extremos, promoviendo un crecimiento más saludable y vigoroso del cultivo. Esto resulta en una mejora significativa tanto en la calidad como en la cantidad de la producción, permitiendo obtener productos de mejor calidad y de mejor aspecto.
- 3. Control sobre plagas y enfermedades.** En el ambiente cerrado y controlado del invernadero, los sistemas automatizados pueden optimizar la aplicación de pesticidas y mejorar la eficiencia en la lucha contra enfermedades y plagas. Esto permite una respuesta más rápida y eficaz ante cualquier amenaza, reduciendo la incidencia de problemas con plagas y minimizando el uso de químicos, lo que también es beneficioso para el medioambiente.
- 4. Uso más eficiente de recursos.** Un invernadero inteligente permite reducir significativamente el empleo de fertilizantes, agua y mano de obra.

Estos sistemas optimizan la distribución de nutrientes y agua directamente a las raíces de las plantas, asegurando que se utilicen solo las cantidades necesarias, lo que también contribuye a una agricultura más sostenible.

- 5. Disminución de costos.** El uso más eficiente de recursos se traduce en una reducción de la demanda de fertilizantes, agua y energía. Al minimizar estos insumos, los costos operativos del invernadero disminuyen, aumentando la rentabilidad de la producción. Además, la automatización reduce la necesidad de intervención manual constante, lo que también ayuda a bajar los gastos asociados a la mano de obra.
- 6. Mejor uso de la mano de obra.** Con un mayor control sobre la operación, temperatura, ambiente y otros aspectos críticos del invernadero, es posible redistribuir a los empleados hacia áreas del negocio que requieran más atención. Esto permite aprovechar al personal, enfocándolos en tareas que realmente necesitan su intervención, mientras que las operaciones rutinarias y repetitivas son gestionadas por los sistemas automatizados.

Combinación de los invernaderos inteligentes con techo retráctil

Como la radiación solar varía considerablemente a lo largo del día y de una estación a otra, la principal ventaja del diseño retráctil es la capa-



<https://pixabay.com/es/photos/invernadero-org%c3%a1nico-agricultura-2139527/>

cidad de regular la cantidad de luz solar que llega a las plantas. El resultado es un aumento del crecimiento de las plantas, ya que la ventilación se puede controlar para reducir la temperatura. La ventilación también puede reducir la incidencia de enfermedades. Reducir la intensidad de la luz solar puede disminuir las necesidades de riego, puesto que las plantas y el suelo se mantienen más frescos.

Hay empresas que desarrollan una amplia gama de invernaderos de techo retráctil, ya que se ha demostrado que este tipo de invernaderos puede soportar todo tipo de climas, incluso huracanes, permitiendo que los agricultores no pierdan sus cosechas por el tipo de clima que azote sus cosechas.

La mejor forma de aprovechar las tecnologías del futuro en la agricultura será haciendo uso de invernaderos que cuenten con IoT, techos retráctiles y sensores. De esta forma, con el IoT se podrá monitorear los cultivos, el riego y la ventilación de los cultivos sin necesidad de estar en el campo; los techos retráctiles protegerán los cultivos de cualquier tipo de clima y plagas; con el uso de sensores se tendrá mayor información de las necesidades de los cultivos, permitiendo tener mayor control sobre la temperatura, la humedad, el pH y los nutrientes de la tierra.

La combinación de estas tecnologías avanzadas ofrecerá a los agricultores la posibilidad de lograr ahorros significativos en diversos recursos esenciales para la producción agrícola. En primer lugar, el uso eficiente de energía se traduce en una reducción de costos operativos y una menor huella de carbono.

Además, la gestión del agua permite no solo ahorrar este recurso vital, sino también optimizar su utilización, asegurando que las plantas reciban la cantidad exacta que necesitan. De igual manera, la aplicación de fertilizantes de forma controlada minimiza el desperdicio y previene la contaminación del suelo y del agua. Asimismo, el uso de plaguicidas se verá optimizado, ya que las tecnologías inteligentes permitirán reducir la cantidad necesaria.

La integración de estas tecnologías transforma la agricultura haciéndola más eficiente, sostenible y rentable.

***Ángel David García-Tapia.** Estudiante del Programa Verano de la Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
itlac20560032@lcardenas.tecnm.mx

***José María Ponce-Ortega.** Profesor e investigador, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
jose.ponce@umich.mx



Agroprecios. (2015). Invernaderos de techo plegable. Otra alternativa al invernadero tradicional. *Agroprecios*. <https://www.agroprecios.com/noticias.php/noticias/2595-invernaderos-de-techo-plegable?len=1>

Estrella. (2022). ¿Qué son los invernaderos inteligentes? *Agrofacto*. <https://agrofacto.com/invernaderos-inteligentes/>

ENTREVISTA

Dra. Nandini Barbosa Cendejas.

Por: Rafael Salgado Garciglia



Es licenciada en Ciencias Físico-Matemáticas y maestra en Física por la Facultad de Física y Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), y doctora en Física por la Universidad de Guanajuato. Realizó dos estancias posdoctorales en el Instituto de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde obtuvo la especialización en modelos de cosmología teórica y mundos membrana.

Es profesora e investigadora de la UMSNH desde hace más de quince años, adscrita a la Facultad de Ingeniería Eléctrica. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 1), del Padrón Michoacano de Divulgadoras y Divulgadores de la Ciencia y miembro honorario del Padrón de Investigadoras e Investigadores de Michoacán. Cuenta

con una amplia trayectoria en divulgación científica, actividad que concibe como parte esencial de su labor académica para acercar la ciencia a niñas, niños, jóvenes y docentes.

Ha sido coordinadora de diversos proyectos, entre ellos el programa *Aprende con Ciencia*, el coloquio sabatino *Formar e Incluir* y una de las iniciativas más relevantes de su trayectoria: el diplomado *La Ciencia en tu Escuela*. Ha impartido más de treinta conferencias de divulgación dirigidas al público general, tanto en espacios académicos como en instituciones educativas de nivel básico y medio superior, abordando temas como «¿Qué son los agujeros negros?», «Materia oscura y la estructura del universo», «Dimensiones extra en la física», «Aceleradores de partículas» y «El papel de la mujer en la ciencia». Asimismo, participó como ponente en

una conferencia TEDx Universidad Michoacana.

Su producción académica refleja una especialización profunda en Física de Altas Energías y Cosmología Teórica, con énfasis en teoría de mundos de brana, cosmología inflacionaria, campos de taquiones, gravitación, teoría de cuerdas, así como en métodos matemáticos y fenomenología, con la publicación de más de quince artículos científicos.

Actualmente, forma parte del Comité Editorial de la revista de divulgación científica *Saber Más* y se desempeña como jefa del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Coordinación de la Investigación Científica en la UMSNH.

La pregunta obligada. ¿Por qué estudiaste Física?

Estudí Física porque siempre me ha interesado comprender cómo funcionan las cosas. Creo que desde muy joven he sido una persona curiosa, con muchas preguntas y con una necesidad constante de buscar explicaciones. La física tiene la capacidad de explicar una enorme variedad de fenómenos naturales y, además, ofrece los fundamentos sobre los que se sostienen muchas otras disciplinas.

Me dediqué a estudiar física teórica porque estar en el borde del conocimiento es profundamente emocionante. Resulta fascinante situarse en el límite de lo que sabemos y desde ahí intentar

comprender más, proponer ideas nuevas, distintas o incluso controversiales para explicar un fenómeno o proceso. Esa posibilidad de pensar más allá de lo establecido y contribuir, aunque sea modestamente, a ampliar nuestra comprensión del universo, es algo que encuentro enormemente gratificante.

¿Qué te llevó a una especialización tan compleja como «mundos membrana y cosmología»?

Para poder responder a esta pregunta, es necesario platicar un poco sobre mis estudios de licenciatura. Me invitaron a tomar un curso especial de Teoría de Cuerdas; no estaba del todo convencida, ya que sonaba muy teórico. Conforme avanzamos en el curso, me cautivó la idea de poder explicar las fuerzas fundamentales que gobiernan todos los fenómenos del universo por medio de una sola formulación matemática.

Las fuerzas fundamentales son: La fuerte, que, como su nombre lo dice, es la más «intensa» de todas y ocurre a distancias extremadamente pequeñas dentro del núcleo atómico y es la que mantiene unidos a protones y neutrones; la débil, que ocurre a distancias cortas en ciertos tipos de degradación radioactiva; la electromagnética, que actúa entre partículas con carga eléctrica; y la gra-





vitacional, que es una fuerza que actúa entre todos los objetos con masa. En ese momento, la pregunta que se buscaba responder era cómo funcionaba lo que podíamos ver a nivel microscópico; en otras palabras, explicar con claridad lo que ocurre a escala atómica. Se habían logrado formular explicaciones que incorporaban las tres primeras fuerzas y que más tarde serían el modelo estándar. Pero cómo incluir la fuerza gravitacional sigue siendo una pregunta abierta, eso me llevó a trabajar con mundos membrana; después mis intereses me llevaron al más grande laboratorio: el universo, en donde trabajé con cosmología.

Ahora, me gustaría que nos describieras o explicaras sobre los temas que has publicado. ¿Qué son las dimensiones ocultas (mundos de brana)?

Es simple. En nuestra realidad, todo lo que vemos se puede representar con tres dimensiones espaciales: alto, ancho, largo, y una dimensión temporal: el tiempo. Digamos que necesitamos de cuatro elementos para poder escribir una formulación matemática de nuestra realidad, es decir, cuatro dimensiones. Haciendo una analogía, si pensamos en nosotros como una fila de hormigas que

caminan sobre un cable de un puente suspendido, ¿podríamos saber que, además del cable por donde caminamos, hay toda una dimensión (la altura) de la cual no somos conscientes? Para las hormigas, las dimensiones son el cable donde caminan ancho y largo (dos dimensiones); no pueden ver esta dimensión «extra».

Los mundos membrana son modelos del universo en el que vivimos (nuestra realidad) en cuatro dimensiones y una dimensión espacial extra. Como las hormigas, nuestra realidad está dentro de otra más general con una dimensión extra. ¿Vivimos en una especie de «membrana»? Sí, la «membrana» es nuestro universo, que lo entendemos como un ente geométrico de cuatro dimensiones inmerso en un universo de cinco dimensiones. En estos modelos es posible resolver el problema de la jerarquía de masas; digamos que es un intento de incorporar la gravedad en una escala adecuada con las otras tres fuerzas fundamentales.

¿Qué tipo de «combustible» usó el Universo para expandirse de forma tan increíblemente rápida, justo después de nacer, y cómo sabemos que esa teoría es real?

Es importante establecer que la cosmología

es el estudio de la historia del universo; sin embargo, no sabemos a ciencia cierta cómo nació el universo. Hemos pensado distintas formas y la que hasta este momento nos parece más consistente es la teoría de la Gran Explosión (Big Bang). En esta teoría pensamos que hubo una expansión del universo que inició con una gran cantidad de energía y densidad infinita. Podemos pensarlo como una sopa de radiación y partículas en equilibrio térmico; como tiene mucha energía, también tiene alta temperatura. Esto inicia la expansión (la explosión) que hace que esta sopa también se expanda a grandes velocidades, igual que el espacio se expandió. Lo que debemos entender es que, más que un combustible, es una energía de arranque. Por otro lado, no existen pruebas contundentes que nos permitan comprobar que estas teorías son una respuesta contundente, por lo que son una pregunta abierta de investigación.

¿Qué son los taquiones? Cuando hablamos de taquiones en cosmología, es importante saber que no estamos hablando de una partícula super-rápida (que se mueve a una velocidad mayor que la luz), ya que esto es imposible. Lo que en realidad estamos pensando es que describe un estado del vacío que es inestable. Dicho de otra manera, hablamos de una señal de que el Universo estaba en una posición inestable, como una canica en la cima de una colina. No es que la canica vaya más rápido que la luz; es que no puede quedarse ahí: cualquier empujoncito hace que ruede hacia un valle, que es un estado más estable. Esa transición puede cambiar la presión del «medio» y con ello influir en qué tan rápido se expande el Universo; es una forma de modelar esta expansión del Universo, para después estudiar la expansión del Universo o formación de estructuras. Pero claro, siguen siendo propuestas para explicar la historia del universo en momentos donde tenemos altas energías y teorías de gran unificación que siguen siendo estudiadas.

¿Podemos medir qué tan «organizada» está la energía dentro de las partículas más pequeñas de la naturaleza usando las mismas reglas que usamos para medir la información en una computadora?

Sí, aunque no es una pregunta sencilla de responder y se requiere de algunos conceptos físicos para tratar de explicar esta organización de la energía para ponerla en un contexto cosmológico.

En una computadora, la información se almacena en estados físicos: transistores, dominios magnéticos o cargas eléctricas. Decir que un sistema informático está «bien organizado» significa, en el fondo, que sus estados son distinguibles y controlables: podemos saber si un bit vale 0 o 1 y podemos cambiarlo deliberadamente. Cuando no sabemos el estado, o cuando existen demasiadas configuraciones posibles indistinguibles entre sí, hablamos de incertidumbre (falta de certeza, ya que no conocemos el estado). La teoría de la información cuantifica esa incertidumbre con una cantidad física llamada entropía: a mayor «desorden», mayor entropía.

El puente con la física surge porque, en termodinámica, la entropía cumple un papel análogo: mide cuántas configuraciones microscópicas son compatibles con lo que observamos macroscópicamente. Si un sistema puede estar «por dentro» de muchísimas maneras diferentes sin que podamos distinguirlas por fuera, decimos que tiene alta entropía. De manera intuitiva, eso suele equivaler a decir que la energía está más dispersa o «menos organizada». Mientras que, cuando un sistema tiene baja entropía, su estado es más definido: hay menos maneras internas de acomodarse sin cambiar lo que vemos; en ese sentido, decimos que está





«más organizado». Así, aunque «información» y «energía» no son lo mismo, comparten una estructura conceptual: ambas se conectan con la idea de incertidumbre sobre el estado del sistema.

Retomando la pregunta de si podemos medir cuán organizada está la energía usando reglas similares a las de la información en una computadora, la respuesta es sí, pero con un matiz importante: lo que medimos no es «información» en *bits* dentro de la energía, sino cuánta incertidumbre hay, qué tan dispersa está la energía y qué tan controlable es el estado físico. En macroscópico, es decir, en cosmología, esa idea se vuelve muy concreta: un sistema está «más organizado» cuando existen diferencias internas capaces de producir procesos dirigidos; y está «menos organizado» cuando todo está uniformado y en equilibrio (homogéneo).

Aquí es donde conviene introducir el término *gradiente*, que, en física, es una medida de cómo cambia una magnitud de un punto a otro en el espacio. Dicho sin matemáticas, un gradiente es una diferencia espacial. Por ejemplo, si en una habitación una esquina está más caliente que la otra, existe un *gradiente de temperatura*; si en una zona hay más presión que en otra, existe un *gradiente de presión*. Lo importante es que los gradientes suelen impulsar flujos: el calor fluye de lo caliente a lo frío; un gas se mueve de alta a baja presión. Por eso, un

gradiente es una forma clara de hablar de «energía organizada»: donde hay diferencias, hay posibilidad de movimiento, transferencia y trabajo.

Al llevar estas ideas al universo, aparece una intuición popular: «El Universo se expande y se enfría; entonces su energía se vuelve más organizada»; sin embargo, ese salto no es correcto. El universo se enfría porque la expansión «diluye» la energía y desplaza la radiación hacia longitudes de onda más largas; pero el hecho de que baje la temperatura no implica que, automáticamente, la energía esté más organizada.

Pero aparece una sutileza aún más profunda. La gravedad cambia nuestras intuiciones sobre el orden y la entropía. En la vida cotidiana, solemos asociar mayor entropía con «más mezclado» y más uniforme. Sin embargo, a escalas cósmicas, la gravedad tiende a agrupar materia: pequeñas irregularidades iniciales crecen y se forman estructuras (galaxias, estrellas y planetas). Esto puede verse como «más orden» porque aparecen patrones, pero termodinámicamente el proceso suele implicar aumento de entropía global, es decir, el colapso gravitacional calienta, produce choques, genera radiación y deja energía más dispersa en el entorno. Dicho de otro modo, el Universo puede volverse más estructurado localmente y, al mismo tiempo, aumentar su entropía total. Esta es una idea central: la estructura visible no equivale, necesariamente, a menor entropía global.

La manera en la que se mide esta organización de la energía cosmológica es por medio de huellas observables. Un indicador fundamental es la radiación cósmica de fondo: su uniformidad y pequeñas anisotropías nos informan cuán homogéneo era el Universo temprano y qué tan grandes eran las «semillas» para formar estructura. Otro indicador es el crecimiento de estructura en la distribución de galaxias: la manera en la que la materia se agrupa a lo largo del tiempo revela la competencia entre expansión y gravedad. Y un tercer indicador es el estudio de flujos energéticos: estrellas y galaxias actúan como «procesadores» de energía, transformando energía concentrada y liberándola en formas más dispersas (radiación), lo que es coherente con una tendencia general al aumento de entropía.

Conectar información y entropía permite for-

mular una lectura fina del universo: la expansión enfría, pero enfriar no es sinónimo de mayor organización; la organización cosmológica se relaciona con gradientes y estructuras; y la gravedad puede producir estructuras locales mientras el universo, en conjunto, avanza hacia estados de mayor entropía. Esta combinación —expansión, formación de estructura, presencia de gradientes y disipación— es la clave para hablar de «energía organizada» a escala cósmica sin caer en simplificaciones.

Sobre la arquitectura del cosmos (geometría y gravedad): ¿Es posible que la forma y el «grosor» del espacio mismo sean los que deciden cuánto pesan las cosas y cómo se comportan los átomos?

La idea intuitiva de peso está relacionada con la masa: en la Tierra, el peso de un objeto puede entenderse como el resultado de multiplicar su masa por la aceleración gravitacional. A su vez, la masa está asociada con la cantidad de materia que contiene un cuerpo y esa materia está constituida por átomos.

Sin embargo, para comprender el universo en un sentido más profundo, no basta con esta visión cotidiana. Es necesario adoptar una perspectiva relativista en la que la geometría del espacio-tiempo, la materia y la gravedad no son elementos separa-

dos, sino aspectos que interactúan de manera íntima. En este marco, la gravedad no se interpreta únicamente como una fuerza, sino también como una manifestación de la curvatura del espacio-tiempo.

Desde esta perspectiva, surgen propuestas teóricas como los modelos de mundos membrana gruesa (*thick brane worlds*), en los que nuestro universo podría entenderse como una especie de «membrana» con cierto grosor inmersa en un espacio de cinco dimensiones. En estos modelos, la forma, la estructura e incluso el ancho de esa membrana pueden influir en la manera en que la materia se distribuye, en cómo se comportan los campos fundamentales y, en consecuencia, en propiedades físicas observables.

En este sentido, la pregunta resulta profundamente sugerente: quizá la masa, el comportamiento de los átomos e incluso algunas de las propiedades que atribuimos a la materia no dependan solo de «lo que las cosas son», sino también de la arquitectura geométrica del espacio en el que existen.

¿Qué significa dedicar más de quince años a la docencia e investigación universitaria y cómo se traduce el estudio de la física teórica en la formación de ingenieros y científicos del futuro?



Dedicar más de quince años a la docencia e investigación universitaria ha significado, para mí, abrazar una vocación profundamente humana. Ha significado creer, todos los días, en el valor de la verdad, en la fuerza transformadora del conocimiento y en la responsabilidad de sembrar futuro en la vida de otras personas. Significa también sostener, con paciencia y perseverancia, una tarea que se alimenta de valores universales: el respeto por la inteligencia de los demás, la generosidad de compartir lo aprendido, la disciplina para seguir buscando respuestas y la esperanza de que cada generación pueda contribuir a construir un mundo más justo, más crítico y consciente.

Ser maestra durante estos últimos quince años ha implicado acompañar a las y los jóvenes en una etapa decisiva de sus vidas, reconocer sus dudas, sus expectativas y sus posibilidades, y ayudarles a descubrir que el conocimiento no solo sirve para encontrar respuestas en un pizarrón o en un examen. El conocimiento sirve para comprender mejor el mundo, pero, sobre todo, para entender el lugar que cada persona ocupa en él y todo aquello de lo que es capaz para transformarlo y mejorarlo.

En ese sentido, enseñar no ha sido únicamente transmitir contenidos, sino formar miradas, fortalecer confianza, despertar vocaciones y recordar, una y otra vez, que educar también es un acto de esperanza.

Investigar, por su parte, ha significado mantener viva la capacidad de asombro, defender la curiosidad como motor del avance y aceptar que el aprendizaje auténtico exige humildad, constancia y apertura. En los últimos años, además, ha significado comprender con mayor claridad que siempre es posible incursionar en nuevos temas de investigación, abrirse a otras preguntas y reconocer que entender cuál es mi lugar en este momento de la vida también se refleja en uno de mis quehaceres profesionales más importantes: la investigación. Investigar me ha permitido no solo profundizar en problemas teóricos, sino también renovar mi manera de mirar, de aprender y de vincularme con los desafíos del presente desde temas mucho más aplicados y cercanos a mis estudiantes.

Desde esa experiencia, mi formación en física teórica adquiere un sentido especialmente valioso en la formación de ingenieros y científicos del futuro. Aunque a veces se percibe como un campo abstracto o lejano, para mí representa una de las for-

mas más rigurosas y, al mismo tiempo, más bellas de acercarse a la realidad. Enseña a no conformarse con lo inmediato, a buscar las estructuras profundas que explican los fenómenos y a comprender que detrás de lo observable existe un entramado de principios que vale la pena pensar con seriedad.

Esa manera de aproximarse al conocimiento es fundamental en la formación de ingenieros. Un ingeniero no solo necesita aprender a usar herramientas, aplicar procedimientos o resolver problemas concretos; necesita comprender los principios



que sostienen los sistemas con los que trabaja. Solo así puede innovar, adaptarse a contextos nuevos y construir soluciones sólidas, críticas y creativas. En la Facultad de Ingeniería Eléctrica imparto cursos de ciencias básicas y matemáticas que son la base para los programas de ingeniería. Por medio de ellos se enseña a modelar, a distinguir lo esencial de lo accesorio, a reconocer los alcances y límites de una aproximación y a pensar con orden, profundidad y fundamento.

Para las y los futuros científicos, mi aportación con esta formación en física teórica es enseñar que las grandes preguntas siguen siendo necesarias, que la imaginación debe ir siempre acompañada

da de rigor y que el conocimiento avanza cuando se articulan intuición, lógica, evidencia y disciplina intelectual. Les muestra que incluso las ideas más abstractas pueden abrir caminos inesperados hacia nuevas comprensiones del universo y, con el tiempo, hacia desarrollos con impacto en otros campos del saber y de la tecnología.

Después de más de quince años, lo más valioso de este recorrido no está solo en los cursos impartidos, los proyectos desarrollados o los temas estudiados, sino en la posibilidad de haber acom-



pañado a muchas generaciones en su proceso de crecimiento. Ser parte de ese trayecto, aunque sea durante una etapa de sus vidas, es un privilegio y también una enorme responsabilidad. Al final, creo que la docencia y la investigación universitaria tienen sentido porque permiten sembrar algo que permanece: el gusto por preguntar, la voluntad de comprender, la confianza en la razón, la sensibilidad ante el mundo y el deseo de contribuir, desde el conocimiento, a una sociedad más consciente y humana.

¿Cómo se logra que conceptos tan lejanos como los «agujeros negros» o la «materia oscu-

ra» lleguen a las aulas de educación básica y se conviertan en herramientas de inspiración para niñas, niños y docentes?

Se logra partiendo de la curiosidad. Cuando hablo de agujeros negros, materia oscura u otros grandes enigmas del universo con niñas, niños y docentes, no pienso primero en la complejidad del tema, sino en la posibilidad de abrir una puerta al asombro. La ciencia, en ese sentido, no comienza con respuestas difíciles, sino con preguntas poderosas. Creo profundamente que cada niña y cada niño tiene dentro una mirada investigadora y que son investigadores científicos en potencia. Por eso, acercar estos conceptos al aula no significa llevar ideas demasiado lejanas, sino ampliar su imaginación, fortalecer su capacidad de preguntar y mostrarles que también pueden pensar en grande, hacer preguntas cuyas respuestas son justo algo de lo que queremos saber más. Cuando estos temas se comparten con pasión, lenguaje accesible y entusiasmo genuino, dejan de parecer inalcanzables y se convierten en una herramienta de inspiración para aprender, enseñar y mirar el mundo con otros ojos.

¿Cuál es el papel de la mujer en la ciencia hoy en día y cómo puede una científica influir en las políticas públicas y en la cultura de su estado por medio del liderazgo y la palabra?

Considero que el papel de la mujer en la ciencia hoy es fundamental, no solo por su aporte al conocimiento, sino por su capacidad de abrir camino, inspirar a otras y transformar la manera en que la ciencia se relaciona con la sociedad. Como científicas, asumimos la misma responsabilidad, compromiso y rigor que cualquier colega, pero muchas veces también llevamos la tarea de demostrar, con nuestro trabajo y nuestra voz, que las niñas y jóvenes pueden llegar tan lejos como deseen.

Creo que una científica puede influir en las políticas públicas y en la cultura de su estado a través del liderazgo y la palabra cuando participa activamente en la formación de nuevas generaciones, en la divulgación de la ciencia y en la construcción de espacios más incluyentes. Hablar desde el conocimiento, con claridad y compromiso, también es una forma de incidir: permite visibilizar problemas, proponer soluciones y fortalecer una cultura científica más justa, crítica y participativa.

ARTÍCULO

El ajolote de montaña que lucha por sobrevivir en México

Ana Citlali Vargas-Gómez y Diego de Jesús Chaparro-Herrera



<https://pixabay.com/es/photos/ajolote-mel%c3%a1nica-negro-masculino-2193310/>

Ana Citlali Vargas-Gómez. Estudiante de la Maestría del Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

anacit.gomez@gmail.com

Diego de Jesús Chaparro-Herrera. Investigador en el Laboratorio de Microcología Ambiental, Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y la Educación, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

diego.chaparro.herrera@gmail.com

Resumen

Los ajolotes son un grupo de organismos emblemáticos y vitales para los ecosistemas mexicanos. Actualmente, el ajolote de Xochimilco se ha vuelto popular debido a sus impresionantes características; sin embargo, existen otras especies poco conocidas. Por ello, el presente artículo hará énfasis en la especie de ajolote arroyero de montaña, sumamente interesante por ser un ajolote silvestre que habita, principalmente, en el Estado de México.

Palabras clave: Ajolotes, ajolote arroyero, *Ambystoma*, endemismo.

RECIBIDO: 11/02/2025; ACEPTADO: 08/07/2025;
PUBLICADO: 27/feb/2026

Los ajolotes se han convertido en un **símbolo para México** y son considerados importantes para su diversidad y para el patrimonio cultural. Entre sus características más relevantes destaca su **capacidad para regenerar extremidades y órganos**, así como su ciclo de vida que los mantiene como larvas toda su vida. Estos organismos han capturado el interés de todo el mundo y se volvieron sumamente populares por aparecer en uno de nuestros billetes mexicanos, en videojuegos, en películas, entre otros. Sin embargo, su historia es más complicada de lo que conocemos, ya que detrás de su fama se encuentra una alarmante realidad: **muchas de las especies de ajolotes están al borde de la extinción** por la degradación de sus hábitats, contaminación y otras amenazas.

México cuenta con diversas especies de ajolotes, no solo la especie famosa denominada, comúnmente, como ajolote de Xochimilco. Esta familia cuenta con **17 especies en México**, de las cuales 16 son endémicas y se encuentran en la Norma Oficial Mexicana de Ecología (NOM-059-SE-MARNAT-2010), que clasifica las especies de flora y fauna mexicanas en riesgo de desaparecer en cuatro categorías: probablemente extintas en la naturaleza, en peligro de extinción, amenazadas y sujetas a protección especial. De las 17 especies de ajolote, lamentablemente, **16 son poco conocidas y pasan desapercibidas ante la fama del ajolote**

de Xochimilco, pero han sido parte importante de la biodiversidad y cultura del país.

***Ambystoma altamirani*: El ajolote arroyero de montaña**

Hablemos de ***Ambystoma altamirani***, conocido comúnmente como el **ajolote arroyero de montaña**, con una distribución muy restringida en la Sierra de las Cruces que comprende parte de los municipios de Ocuilán, Tianguistenco, Capulhuac, Jalatlaco, Ocoyoacac, Lerma, Huixquilucan, Naucalpan, Oztolotepec, Xonacatlán, Isidro Fabela, Temoaya, Jiquipilco, Jilotzingo, Villa Nicolás Romero, Villa del Carbón y Morelos, en la región central de México. Su hábitat está conformado por arroyos cuya corriente pasa por bosques de pino, oyamel y pastizales en la montaña. Algo que distingue a las zonas donde habita son las **bajas temperaturas**, especialmente en invierno.

Este ajolote presenta distintas características que lo vuelven distinto al ajolote de Xochimilco. Son de **forma alargada** y su tamaño es de **14 cm** aproximadamente para un adulto; su **cabeza es ovalada**, el **cuerpo es aplanado** y el color de su **cuerpo es oscuro con manchas amarillo** claro en todo su cuerpo.

Son **carnívoros con dentadura de cartilago**; su alimentación se basa en pequeños **insectos acuáticos**, así como en organismos llamados os-



Imagen de autores.



Hábitat típico del ajolote arroyero de montaña en la Sierra de las Cruces. Fotografía de autores.

trácodos y gasterópodos que comúnmente conocemos con el nombre de **crustáceos y moluscos**. Para obtener su alimento, vigilan a su presa y esperan el momento perfecto para atacarla; su táctica es abrir su boca y succionar fuertemente, esperando capturarla. Todas sus presas deben ser de un tamaño más pequeño que su cabeza para poder tragarlas sin que represente un problema.

La **reproducción** de estos organismos es **por medio de huevos**. Las hembras pueden desovar muchísimos huevos que, en apariencia, son similares a esferas gelatinosas menores a un cm. Las hembras **tratan de poner sus huevos adheridos a rocas, troncos o plantas acuáticas** para evitar que sean arrastrados por la corriente. Los meses en que normalmente se reproducen son junio y diciembre. **Están desapareciendo y el enemigo vive en casa**

Estos organismos **están desapareciendo** y es muy poco lo que conocemos de ellos. En la Norma Oficial Mexicana de Ecología (NOM-059) de la SEMARNAT, **se encuentra en la categoría de amenazado**, lo que indica que cada vez es menos frecuente de encontrar y se ha reportado que están desapareciendo rápidamente de los sitios donde antes podían encontrarse.

La **mayor problemática** a la que se enfrenta esta especie en su hábitat natural son las **especies invasoras como la trucha arcoíris** (*Oncorhynchus mykiss*), introducida a los ríos donde vive este ajolote de forma accidental; no obstante, en la actualidad, en localidades de la Sierra de las Cruces, es común cultivar la trucha con fines gastronómicos en granjas, pero algunas de ellas escapan, llegan a los sitios donde habitan los ajolotes y los depredan. Las truchas han empezado a reproducirse de forma natural en los mismos lugares donde vive el ajolote, ocasionando que se coman el alimento que los ajolotes solían comer, dejándolos sin alimento suficiente para vivir.

Las truchas tienen una mejor visión que los ajolotes, por lo que, de este modo, pueden detectar fácilmente a las presas y capturarlas. Además, las truchas presentan dientes que pueden emplear para alimentarse de mejor manera que los ajolotes y que otros organismos con los que comparten ecosistema.

Otro problema es la **rana toro americana** (*Lithobates catesbeianus*), otra especie invasora que está colonizando los ambientes donde se desarrollan los ajolotes arroyeros de montaña y también

puede ser una amenaza. Esta rana es depredadora y consume una gran variedad de presas, reduciendo el alimento disponible para los ajolotes. La rana toro también **puede alimentarse de los ajolotes en sus diferentes etapas de vida**, incluyendo los huevos y las larvas; los ajolotes son una presa fácil y vulnerables para ellas. Asimismo, las ranas toro **pueden transmitir y facilitar la propagación de enfermedades a los ajolotes**, como el *Bd* (*Batrachochytrium dendrobatidis*), un hongo que afecta a los anfibios y que ha sido vinculado a la disminución de diversas especies.

Retos y soluciones para su conservación

Las problemáticas a las que se enfrenta el ajolote arroyero de montaña son devastadoras y diversas. Además de lo mencionado anteriormente, este organismo se ofrece regularmente para su **venta en mercados** cercanos a las localidades donde habita, **ya que formaba parte de la cultura gastronómica de nuestros antepasados para fines medicinales**. Esta práctica puede llegar a dañar fuertemente a los ajolotes, al disminuir sus poblaciones drásticamente.

Por otra parte, los ajolotes han sido perjudicados por la **pérdida de agua debido a la expansión de la mancha urbana**, así como la extracción de agua del manto acuífero en la región para su en-

vío a la Ciudad de México. Cabe destacar que **actividades humanas** como la agricultura, ganadería, deforestación, fertilizantes-pesticidas, industria, mal sistema de drenaje, desarrollo urbano no planificado, sumados al **grado extremadamente alto de contaminación en algunos de los ríos** de esta especie, han contribuido a su declive. Los ajolotes son de vital importancia para los ecosistemas naturales, por lo que su desaparición y disminución resulta en una serie de consecuencias devastadoras para los ecosistemas en los que habita.

En este contexto, nos preguntamos: **¿Qué podemos hacer para evitar que el ajolote arroyero de montaña continúe disminuyendo?** Probablemente, nuestra mejor estrategia es la **educación ambiental; evitemos comprar ajolotes** que venden en mercados y compartamos la información para que otras personas también eviten hacerlo. Debemos **fomentar prácticas de ecoturismo responsable** que generen ingresos para las comunidades locales y, al mismo tiempo, que promuevan la conservación de la especie. De este modo, podremos evitar su disminución y generar acciones que fortalecerán a la especie, aunque indudablemente es necesario **crear leyes que protejan a las especies endémicas y sus hábitats**.

Ley ajolote



<https://pixabay.com/es/photos/ajolote-leucistique-masculino-2193331/>

Importancia ecológica de los ajolotes

La función de los ajolotes en los ecosistemas acuáticos es crucial: resultan fundamentales para la salud del ecosistema como para la biodiversidad.



En 2023 se creó la **Ley Especial para la Preservación del Ajolote y su Hábitat en el Estado de México**, con el fin de regular y establecer mecanismos de protección y conservación del ajolote en este estado del país, destacándose políticas públicas de conservación, restauración, protección de su hábitat, difusión cultural, así como la creación de programas educativos. Esta ley promueve la **inclusión de la sociedad, empresas, asociaciones o cualquier persona como tú**, en la conservación de esta especie. Además, promueve la creación de incentivos económicos para la implementación de criaderos de ajolotes que apoyen la conservación de estas especies, a la vez que **se sanciona el tráfi-**

co ilegal de estas especies.

Esta ley **atiende las necesidades actuales de los ajolotes** y de la sociedad del Estado de México y zonas cercanas. Es vital promover la conservación, restauración e investigación del hábitat de estos **organismos que son vitales para los ecosistemas**, ya que cumplen importantes funciones biológicas. Cada vez las poblaciones de estos ajolotes se reducen y se enfrentan a mayores retos con más desafíos, por lo que es necesario que la ciudadanía, científicos, gobiernos locales, estatales y nacionales se unan para la preservación de estas especies tan icónicas para México.

Agradecimiento institucional: Agradecemos al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología por la estancia de investigación en el Programa Investigadoras e Investigadores COMECYT 2024 (EESP2024-0136).



Ávila-Akerberg V.D., González M.T.M., González H.A. y Vázquez. T.M. (2021). El género *Ambystoma* en México: ¿Qué son los ajolotes? *CIENCIA ergo-sum*, 28(2). <https://doi.org/10.30878/ces.v28n2a10>

Heredia-Bobadilla R.L. y Sunny A. (2021). Análisis de la categoría de riesgo de los ajolotes de arroyos de alta

montaña (Caudata: *Ambystoma*). *Acta Zoológica Mexicana*, 37, 1-19. <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712315>

SEMARNAT. (2018). Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma* spp., SEMARNAT/ CONANP, México (Año de edición 2018).

ARTÍCULO

Probióticos: Aliados de las abejas

Adrián Ponce de León-Door y Alejandro Romo-Chacón



<https://pixabay.com/es/photos/abejas-colonia-de-abejas-colmena-1975820/>

Adrián Ponce de León-Door. Profesor postdoctoral. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Cuauhtémoc. Cuauhtémoc, Chihuahua.

adrian.poncedeleon@ciad.mx

Alejandro Romo-Chacón. Investigador, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Cuauhtémoc. Cuauhtémoc, Chihuahua.

archacon13@ciad.mx

Resumen

Las abejas son los polinizadores más valorados a nivel mundial, ya que gran parte de los alimentos que consumimos requieren de ellas; además, son fundamentales para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, actualmente enfrentan varios problemas como la deforestación, el cambio climático, el uso de pesticidas, las enfermedades y los parásitos, entre otros, que amenazan su sobrevivencia. Para hacer frente a esta situación, se ha planteado el uso de probióticos para mejorar su salud. En este artículo se describen los principales probióticos utilizados, se explica cómo ayudan, cómo funcionan y cómo utilizarlos en la apicultura.

Palabras clave: Apicultura, manejo integrado de enfermedades, microbioma.

RECIBIDO: 27/08/2024; ACEPTADO: 14/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026.

¿Por qué son importantes las abejas?

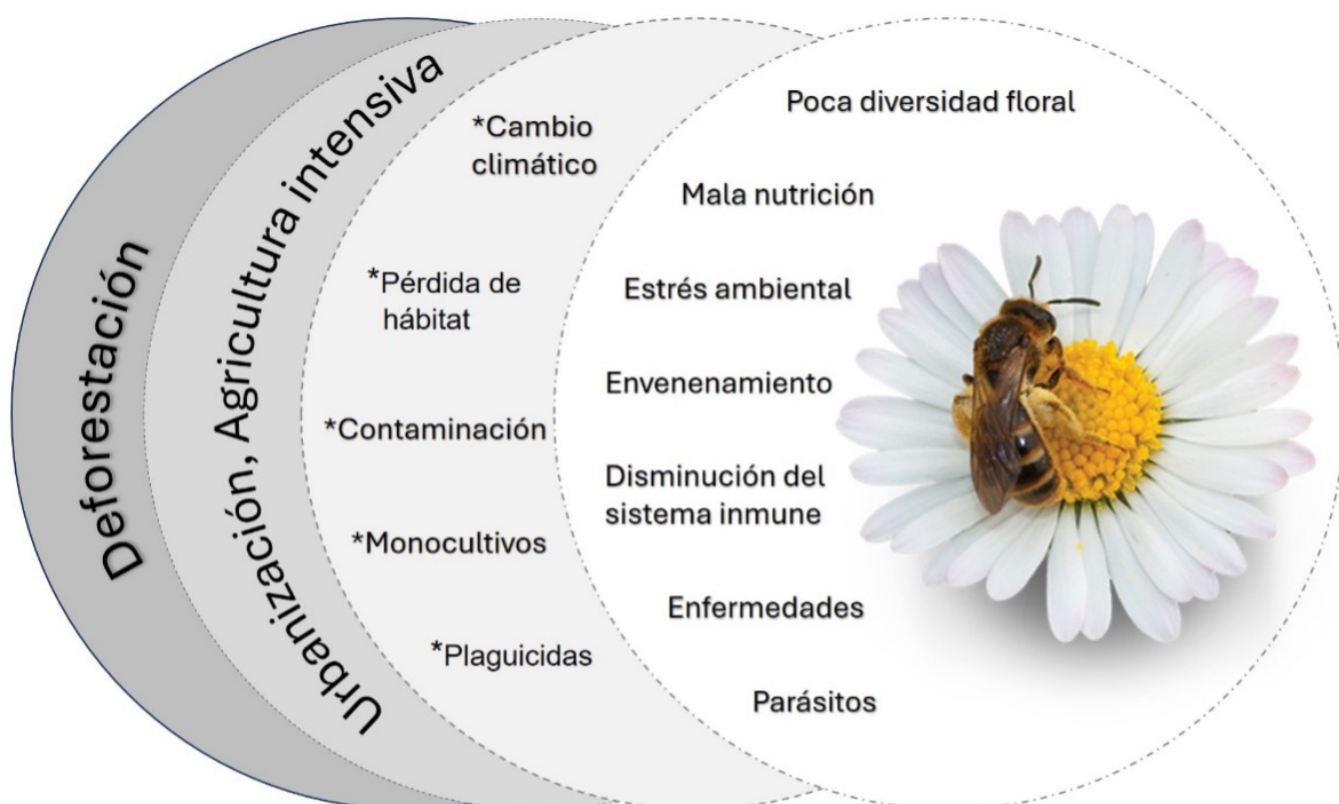
Las abejas son bien conocidas por la producción de miel, polen, cera, propóleos, apitoxina y jalea real, productos valiosos para el consumo humano y para su uso en la industria cosmética, farmacéutica y alimentaria. No obstante, su labor más relevante es la **polinización, fundamental para los ecosistemas y la agricultura**, al ser los polinizadores claves para muchas plantas, incluyendo cultivos agrícolas. Los cultivos polinizados por abejas **tienen mayor rendimiento y calidad**, lo que se traduce en beneficios económicos para los agricultores. Se estima que un tercio de los alimentos que consumimos depende de la polinización realizada por las abejas. Por lo tanto, las abejas son **esenciales** no solo para la **producción de alimentos** y la **economía**, sino también para la **biodiversidad** y la **salud de los ecosistemas**. Su protección es crucial para mantener un equilibrio ecológico y asegurar un futuro sostenible.

¿A qué dificultades se enfrentan las abejas?

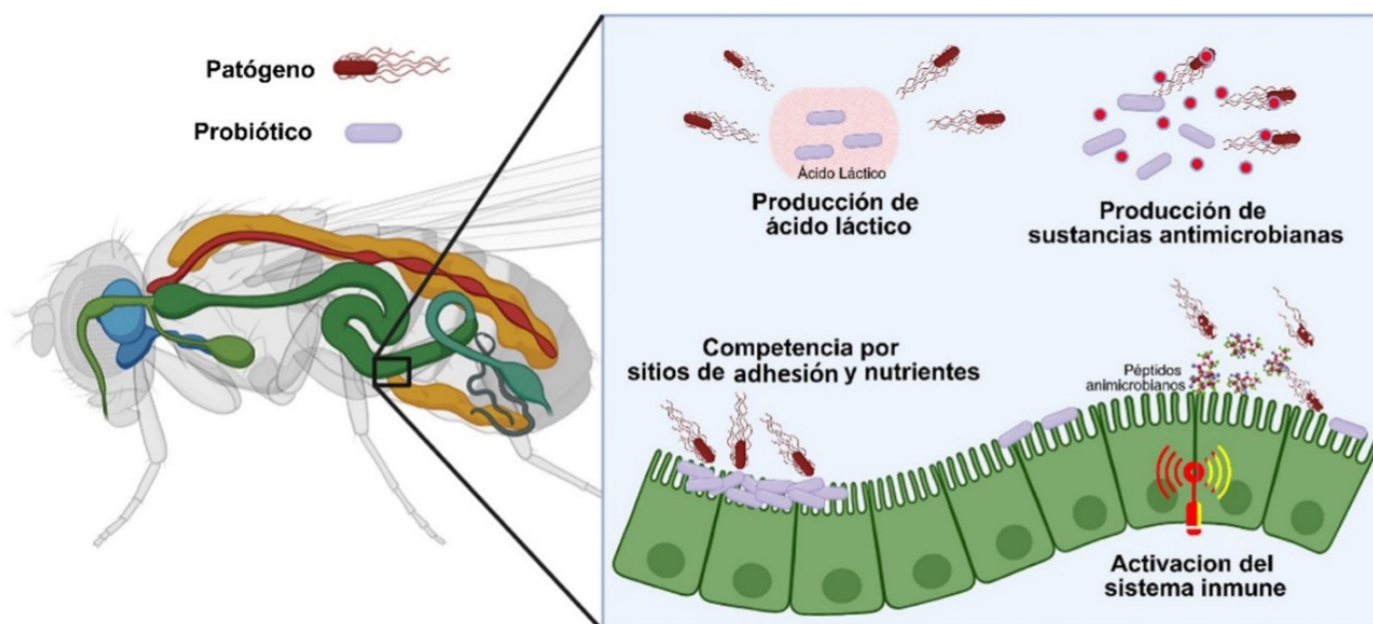
En la actualidad, las abejas enfrentan varios problemas que afectan su salud y supervivencia;

dentro de los más significativos encontramos la **deforestación** causada por la urbanización y la agricultura intensiva. De la mano de estos, el **uso de plaguicidas**, especialmente los neonicotinoides, que tienen efectos perjudiciales sobre las abejas, afectando su capacidad de forrajeo, navegación, reproducción y supervivencia en general. Además, los **monocultivos** limitan la diversidad floral, afectando la dieta de las abejas y reduciendo su resistencia a enfermedades y estrés ambiental. Aunado a estos, los problemas globales como el **cambio climático** y la contaminación han jugado un papel importante en la supervivencia de estos insectos.

Las abejas también son amenazadas por varios **patógenos y parásitos** que pueden afectar su salud, productividad y supervivencia. Dentro de los principales encontramos la varroosis, causada por el ácaro *Varroa destructor*, que afecta tanto a abejas adultas como a las crías. Este ácaro debilita a las abejas al alimentarse de su hemolinfa y puede transmitir virus. La nosemosis es una enfermedad causada por dos parásitos microsporidios, *Nosema apis* y *Nosema ceranae*, que afectan el sistema digestivo, reduciendo su capacidad de absorber



Principales problemas a los que se enfrentan las abejas.



Modos de acción de los probióticos en el intestino de la abeja.

nutrientes y debilitándolas. La loque americana y loque europea son enfermedades causadas por las bacterias *Paenibacillus larvae* y *Melissococcus plutonius*, respectivamente; son infecciones intestinales que afectan principalmente a las crías, causando su muerte.

Los **virus** también causan enfermedades en las abejas, como parálisis crónica que produce temblores, incapacidad para volar, pérdida de vello corporal, deformación de las alas y reduce la longevidad de las abejas. El pequeño escarabajo de la colmena (*Aethina tumida*) es un parásito que puede causar daños significativos a las colmenas al consumir miel, polen y crías. Estas enfermedades y parásitos **representan algunas de las mayores amenazas para las poblaciones de abejas a nivel mundial** y son objeto de investigación continua para desarrollar métodos efectivos de control y mitigación.

Actualmente, las **medidas empleadas** para el tratamiento y la prevención de enfermedades y parásitos se basan en la **aplicación de antibióticos** (por ejemplo, oxitetraciclina, fumagilina) y de otros productos químicos; sin embargo, aun así, las pérdidas anuales de colonias promedian ~39,4 % durante la última década (más del doble del límite sostenible del 15 %). Además, el uso de estos pro-

ductos **puede promover la resistencia** a los antibióticos y **dañar inadvertidamente la microbiota intestinal** de las abejas, un componente crítico de la salud general a nivel de colonia, a través de efectos sobre la digestión, la regulación inmunológica y el éxito de la hibernación. Por ello, existe un creciente interés en apoyar la salud de las abejas por medio de estrategias de modulación de la microbiota, **utilizando los probióticos como métodos sostenibles** de control de enfermedades.

¿Qué son los probióticos?

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), los **probióticos** son «microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren beneficios a la salud del huésped». Estos microorganismos ejercen su función al llegar vivos al intestino y colonizarlo, compitiendo por espacio y nutrientes, formando, primeramente, una barrera física que impide que se adhieran microorganismos patógenos. También, al colonizar el intestino, activan el sistema inmune de la abeja, produciendo péptidos antimicrobianos. Muchos de estos microorganismos producen sustancias como el ácido láctico que modifican el pH, haciendo al intestino inhabitable para los otros microorganismos;

además, pueden secretar sustancias antimicrobianas que eliminan a los patógenos. Adicionalmente, algunos probióticos liberan enzimas que ayudan a metabolizar sustancias tóxicas.

Probióticos usados en abejas

Gran parte de la industria probiótica utilizada actualmente se basa en la administración de organismos de los géneros *Lactobacillus* o *Bifidobacterium* utilizados en la fermentación de alimentos; estos podrían no colonizar los intestinos, pero aun así pueden promover un microbioma saludable. Por otro lado, está la inoculación con cepas microbianas que son nativas del intestino del huésped y que podrían establecerse y persistir a largo plazo en el intestino. La mayoría de los probióticos comerciales contienen solo bacterias no nativas, como en las mezclas probióticas humanas; sin embargo, algunos incorporan una mezcla de bacterias no nativas y nativas.

Son múltiples los microorganismos probióticos que se han utilizado en la apicultura, dentro de los cuales destacan géneros, como los que mencionamos en el siguiente cuadro.

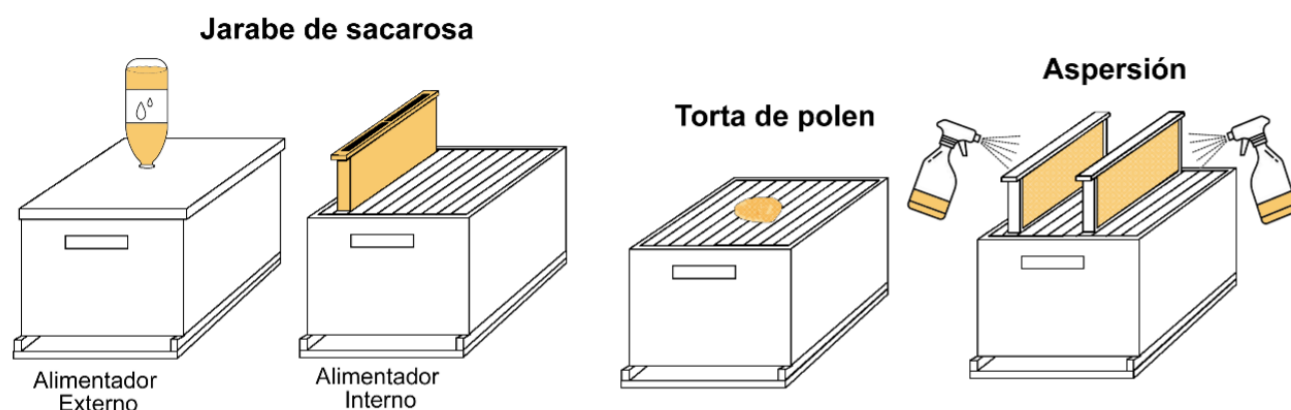
Como resultado de la aplicación de probióticos, **se ha mejorado la salud general de las abejas**, al aumentar la resistencia a enfermedades y mejorar su supervivencia. También, varios estudios han demostrado que los probióticos **pueden ayudar a prevenir enfermedades comunes** como la nosemosis y la loque americana. Igualmente, el uso de probióticos contribuye a mantener un **equilibrio saludable de la microbiota intestinal**, lo que es crucial para la digestión y la absorción de nutrientes. Adicionalmente, los probióticos pueden **ayudar a las abejas a manejar mejor el estrés ambiental y nutricional**, mejorando su capacidad de recuperación y resistencia.

Administración de probióticos

Se han llevado a cabo investigaciones sobre la correcta administración de probióticos a la colmena, ya que esto puede afectar su eficacia. Actualmente, existen **tres estrategias principales: suspensión en jarabe de sacarosa, inoculación en tortas de polen y aspersión**. El uso de jarabe de sacarosa es el método más popular debido a su facilidad de aplicación, pero el estrés osmótico pue-

Principales géneros de microorganismos usados como probióticos

Género	Beneficio
<i>Lactobacillus</i> spp.	Mejora la digestión, aumenta la resistencia a enfermedades y mejora la salud general de las abejas.
<i>Bifidobacterium</i> spp.	Contribuye al equilibrio de la microbiota intestinal, mejora la salud digestiva y fortalece el sistema inmunológico.
<i>Bacillus</i> spp.	Ayuda a prevenir infecciones bacterianas y fúngicas, a la vez que mejora la salud general de las abejas.
<i>Saccharomyces</i> spp	Mejora la nutrición, la digestión y contribuye a la salud general del intestino.
<i>Enterococcus</i> spp.	Mejora la digestión y ayuda a combatir patógenos.



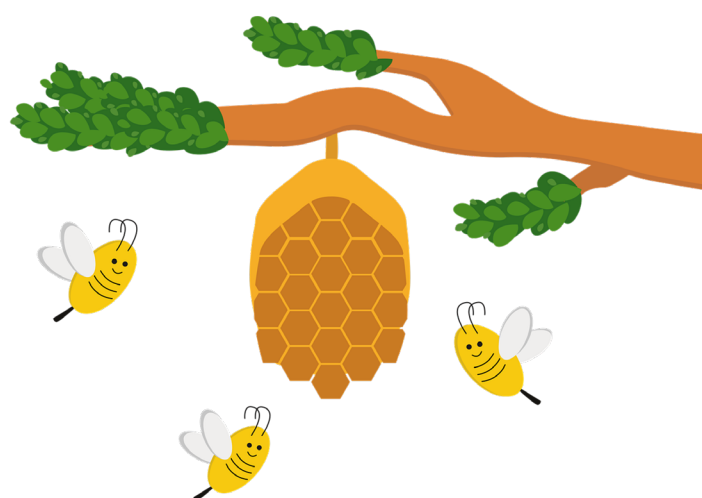
Principales formas de administrar probióticos en las colmenas.

de inducir la muerte de las bacterias, por lo que se recomienda prepararlo con una baja concentración de azúcar (1:8 azúcar:agua). También, lo más recomendable es colocarlo en un alimentador interno, ya que su consumo es más rápido que en un alimentador externo y los probióticos no son expuestos a la luz del sol.

Por otro lado, las tortas de polen ofrecen un sistema adecuado para suministrar probióticos, puesto que adicionalmente aportan beneficios nutricionales que apoyan la salud general de la colonia. Sin embargo, una desventaja de ambos métodos es que solo las abejas adultas consumen directamente el producto, lo que significa que la distribución en la cámara de cría depende del flujo de nutrientes entre las abejas nodrizas y las larvas. Por ello, una alternativa es la aspersión o pulverización de probióticos en una solución salina tamponada con fosfato, ya que las células bac-

terianas permanecen viables incluso años; además, este método tiene el potencial de permitir una dispersión física del inóculo en toda una colmena.

El uso de **probióticos en abejas** ha demostrado ser una **estrategia prometedora para mejorar su salud y la resistencia a enfermedades**. La investigación en este campo continúa avanzando, proporcionando nuevas cepas y formulaciones que podrían ayudar a mitigar algunos de los desafíos más serios que enfrentan las poblaciones de abejas en todo el mundo.



Díaz T. y Del Val E. (2020). Abejas y probióticos. *Saber Más*, 8(46), 6-8. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/enterate/400-numero-46/751-abejas-y-probioticos.html>

Ibáñez-Battiston T.E., Rodríguez M.A. y Fernández L.A. (2022). Probióticos y abejas: aliados en la apicultura.

Asociación Civil Ciencia Hoy, *Ciencia Hoy*, 181(31), 50-54. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/217860>

Motta E.V.S., Powell J.E., Leonard S.P., Moran N.A. (2022). Prospects for probiotics in social bees. *Philos Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 20, 377. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9058534/>

ARTÍCULO

La historia detrás del pulque

Mónica Alejandra Robles-Arias y Alma Elizabeth Cruz-Guerrero



Imagen creada por Gemini.google.com

Mónica Alejandra Robles-Arias. SECIHTI-Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México, México.
mroblesarias@xanum.uam.mx

Alma Elizabeth Cruz-Guerrero. Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México, México.
aec@xanum.uam.mx

Resumen

El pulque es una bebida alcohólica mexicana obtenida de la fermentación del aguamiel. Existen distintas versiones sobre el origen del pulque que han llevado a diversas leyendas, como la del regalo de la diosa náhuatl *Mayahuel* y la de la princesa azteca *Xóchitl*. Para la obtención del pulque es necesario que el maguey (agave) esté en su estado inicial de floración, retirando la inflorescencia y haciendo un hoyo profundo en el centro de la planta para que emane el aguamiel que después será recolectado y depositado en tinajas, en donde se induce la fermentación para obtener el pulque. Esta bebida ha sido y seguirá siendo muy apreciada por su valor nutricional. Actualmente, es popular entre los consumidores que gustan de lo artesanal. En este artículo te decimos por qué el pulque volvió para quedarse.

Palabras clave: Aguamiel, historia, pulque.

RECIBIDO: 09/07/2024; ACEPTADO: 20/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Origen del pulque

El pulque es una **bebida alcohólica mexicana obtenida de la fermentación del aguamiel** procedente del maguey o agave. El origen del término pulque, así como la fecha de su creación, son inciertos; sin embargo, relatos históricos lo ubican en la **época del Imperio Mexica**. Durante este periodo, el pulque era llamado ***ixtac octli*** (licor blanco); de hecho, el nombre actual es una modificación española no acertada de ***octli poluhqui*** (licor descompuesto), el cual, en realidad, es un término náhuatl para un pulque demasiado fermentado.

Existen distintas versiones sobre el origen del pulque; por ejemplo, la **leyenda azteca** sobre el origen del maguey relata que **el pulque fue un regalo de la diosa náhuatl *Mayahuel***, quien le enseñó a una joven a elaborarlo como regalo. En efecto, el maguey se encuentra asociado a esta diosa que, generalmente, es representada como una mujer surgiendo de una planta floreciente de maguey, llevando en sus manos copas de pulque o en ocasiones espigas o fibras. La leyenda cuenta que ***Mayahuel*, diosa del maguey y de la fertilidad**, fue convencida por el dios ***Ehécatl*** para dejar a su abuela y bajar a la tierra con él, convirtiéndose cada uno en una rama de un árbol bifurcado. La abuela de ***Mayahuel***, enojada, bajó junto con otras mujeres para buscar

a su nieta, se acercó al árbol donde se encontraban ***Mayahuel*** y ***Ehécatl***, y este se partió, dejando a ambos al descubierto.

Finalmente, la abuela hizo añicos la rama, dejando a ***Mayahuel*** y a ***Ehécatl*** para que fueran devorados. Sin embargo, la rama de ***Ehécatl*** no sufrió daño alguno y el dios tomó los restos de su amada y los enterró. De estos restos, surgió la planta de maguey, siendo así como ***Mayahuel*** se convirtió en la diosa de la fecundidad y **madre de los *Centzon Totochtin***, o mejor conocidos como los Cuatrocientos Conejos, quienes **en la mitología mixteca son los 400 espíritus o 400 dioses menores del pulque y la embriaguez**.

Por otra parte, **existe una leyenda** en la que se dice que una **princesa azteca llamada *Xóchitl***, al pasear por entre los magueyes, notó que **tlacuaches y conejos habían hecho agujeros en la planta** y que estos paseaban muy alegres alrededor de él. Al acercarse a ver lo que pasaba, **observó que del agujero emanaba un jugo blanco y decidió probarlo**, gustándole el sabor, por lo que **guardó jugo en una olla de barro** para que su padre ***Papantzin*** lo probara; al hacerlo, **notó que hubo cambios en el color, en la textura, en el sabor y en el aroma del jugo**, con un sabor más rico y que después de beberlo se sintió más alegre, surgiendo de esta manera el pulque.



Mayahuel y Centzon Totochtin



Procedimientos para la preparación del pulque.

A pesar de la diversidad de leyendas sobre el origen del pulque, lo que sí se encuentra documentado es que **en la época prehispánica esta bebida tenía un carácter ritual**, por lo que estaba consagrada a los dioses y a los considerados representantes de estas deidades en la Tierra, de tal forma que **era consumida por la alta sociedad, como reyes, sacerdotes, gobernantes y guerreros, así como por adultos mayores de 50 años y personas que serían sacrificadas**, a quienes se les permitía beberlo hasta embriagarse. Sin embargo, en la época de los aztecas, en ocasiones especiales como en las fiestas de celebración a *Ometochtli*, se les permitía a todos beber pulque hasta embriagarse. **Con la caída del imperio azteca, el pulque perdió su carácter de ritual** y fue convirtiéndose gradualmente en una bebida de consumo común.

Obtención del pulque

Como requisito indispensable en la obtención del aguamiel, **es necesario que la planta de agave tenga una edad de entre ocho y diez años**, cuando inicia la floración o formación de la inflorescencia. Posteriormente, **los cultivadores de agaves** para producción de pulque, o mejor conocidos como *tlachiqueros*, **realizan un corte en las hojas tiernas ubicadas en el centro de la planta (meloyote o corazón)** con una herramienta curva, antes de que se desarrolle el tallo central (quiote) que da lugar a la

inflorescencia o conjunto de flores, proceso conocido como **capado**. Posterior a este proceso, **se realiza**, en esta zona, **una cavidad (o cajete)** con una profundidad entre 20 y 30 cm. **La savia acumulada se extrae mediante succión oral** empleando una calabaza seca conocida como *acocote*.

Generalmente, **la extracción se realiza dos veces al día** (en la mañana y al atardecer); no obstante, en función de la época del año, el aguamiel puede ser recolectado hasta tres veces al día, **obteniéndose así entre tres y seis litros diarios por planta**. Aproximadamente, se recolecta un volumen de aguamiel de alrededor de **mil quinientos litros durante un periodo de tres a seis meses**. Durante el periodo de extracción, la cavidad es cubierta con hojas de agave o piedras grandes para protegerla de los animales y las condiciones ambientales. El aguamiel **puede ser consumido fresco o después de un proceso de pasteurización**; sin embargo, la mayor parte del aguamiel recolectado es empleado para la producción de pulque.

Durante el proceso de elaboración del pulque, existe un paso conocido como **«preparación de la semilla»**, la cual es el material iniciador (inóculo) de la fermentación del aguamiel recién recolectado. Para ello, alrededor de **dos litros de pulque fermentado se vierten en una tina** de aproximadamente veinte litros, fabricada en arcilla, vidrio, madera, plástico o fibra de vidrio, en la cual el aguamiel fresco es vertido. Allí **la fermentación empie-**

za a temperatura ambiente y se mantiene hasta que adquiere las características de sabor y de olor a alcohol, o hasta que se desarrolla una capa blanca en la superficie llamada *zurrón*. Este proceso depende de la estación, pero usualmente toma entre una a cuatro semanas. Finalmente, el *tlachiquero* transfiere la semilla a más tinajas que contienen aguamiel recién recolectado para obtener así el pulque.

El pulque hoy en día

El pulque ha sido y seguirá siendo una bebida muy valorada en regiones rurales debido a su valor nutrimental, por lo que es considerado un alimento en ciertas regiones del país. En las ciudades, el pulque ha resurgido como una bebida popular mexicana entre los que gustan de lo artesanal y de los consumidores que aprecian los productos sustentables y que agreguen valor y reconocimiento a lo nacional.

El pulque ha pasado de las pulquerías antiguas, con más de un siglo de antigüedad, a las actuales, convirtiéndose en una bebida considerada como *trendy* y funcionando como el

maridaje perfecto tanto con platillos tradicionales como con platillos más complejos en restaurantes nacionales e internacionales. Además, el pulque se ha retomado como base o ingrediente en panadería, repostería, nieves, platos fuertes, etc.

Al igual que con el mezcal, el pulque ha sido rescatado de la marginación en la que se encontraba para reivindicar su valor como bebida tradicional mexicana, la cual es la única que conserva su método de extracción desde hace 2 500 años.

«El pulque, ya sea en su forma natural o con diferentes sabores y presente en algún platillo, es evidencia de que el pulque volvió para quedarse».



Astudillo F. y Escalante A. (2022). Los beneficios de una bebida prehispánica en nuestros días: pulque para todos: segunda y última parte. *La unión de Morelos*. <https://acmor.org/publicaciones/los-beneficios-de-una-bebida-prehisp-nica-en-nuestros-d-as-pulque-para-todos-segunda-y-ltima-parte>

Escalante A., López-Soto D.R., Velázquez-Gutiérrez J.E., Giles-Gómez M. y López-Munguía A. (2016).

Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage: historical, microbiological, and technical aspects. *Frontiers in Microbiology*, 7, 204241. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4928461/>

Vela E. (2014). El mito del origen del maguey. *Arqueología mexicana*, Especial. 57. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-mito-del-origen-del-maguey>

ARTÍCULO

Incubadora de alimentos: Invernaderos

Gabriela Bautista-Bautista e Isidro Morales-García



<https://pixabay.com/es/photos/efecto-invernadero-plantas-fresas-2096497/>

Gabriela Bautista-Bautista. Estudiante del Programa de Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales, línea de investigación Protección y Producción Vegetal, CIIDIR Unidad Oaxaca IPN.
gbautistab2300@alumno.ipn.mx

Isidro Morales-García. Profesor e investigador CIIDIR Unidad Oaxaca IPN.
imoralesg@ipn.mx

Resumen

Los invernaderos surgieron en Europa en la década de 1960, originalmente como estructuras costosas con grandes ventanas de vidrio accesibles únicamente para la realeza. Con el tiempo, se transformaron en construcciones agrícolas más cómodas y funcionales, adaptadas a las necesidades específicas de diferentes zonas y tipos de cultivos. El principal objetivo de los invernaderos es proteger a las plantas de factores climáticos adversos, plagas y enfermedades, proporcionando un ambiente controlado para su crecimiento, desarrollo y, como consecuencia, un mayor rendimiento del cultivo.

Palabras clave: Alimentos, invernaderos, protección.

RECIBIDO: 05/12/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Al igual que una incubadora proporciona las condiciones óptimas para el desarrollo de los embriones, **los invernaderos crean un ambiente propicio para el crecimiento adecuado de las plantas**, desde la semilla hasta la cosecha. Esta analogía resalta la importancia de los invernaderos como lugares de desarrollo y cuidado de la vida vegetal, donde cada etapa de crecimiento se supervisa y cuida para asegurar el rendimiento y la calidad adecuada de la cosecha.

¿Qué es un invernadero?

Los invernaderos son **estructuras que simulan casas con grandes ventanales** de cristal que **permiten la entrada de luz para las plantas que están en su interior**. En la era moderna, los invernaderos registrados en casas europeas requerían de una inversión muy costosa, por lo que solo eran accesibles para reyes y emperadores. Al pasar del tiempo, se han ido modificando, de tal manera que pueden construirse de forma más accesible y funcional, tal y como los conocemos hoy en día. Actualmente, un invernadero es una construcción

agrícola de estructuras metálicas que de su interior **de factores climáticos** (viento, lluvia, granizo), **plagas y enfermedades**.

Tipos de invernaderos

Los invernaderos se presentan en una variedad de formas y tamaños, adaptándose a las necesidades específicas de los cultivos y a las condiciones climáticas locales, destacándose los siguientes:

1. **Tipo túnel.** Consiste en una estructura arqueada cubierta con material transparente que se extiende sobre los cultivos. Estos invernaderos son económicos y fáciles de instalar, lo que los hace populares entre los agricultores de pequeña escala.
2. **Tipo capilla.** Se caracteriza por tener una forma de techo a dos aguas que permite una mejor circulación del aire y una mayor entrada de luz. Estos invernaderos son ideales para cultivos altos y requieren una inversión inicial más grande, pero ofrecen un mejor control del clima y una mayor durabilidad.



Invernadero tipo túnel, cultivo pepino. Fotografía de G. Bautista-Bautista.



<https://pixabay.com/es/photos/cebolla-ornamental-allium-4409610/>

Importancia de los invernaderos

Los invernaderos desempeñan un **papel crucial en la seguridad alimentaria y en la sostenibilidad agrícola**, ya que permiten la producción de alimentos fuera de temporada y en regiones con climas extremos, reduciendo la dependencia de las importaciones y garantizando un suministro constante de productos frescos. Además, al proporcionar un entorno controlado, los invernaderos **minimizan el desperdicio de agua y nutrientes**, optimizando así la eficiencia del cultivo. Esto es especialmente importante en un contexto de cambio climático, donde la disponibilidad de recursos naturales puede verse comprometida.

Cultivos en los invernaderos

Dentro de estas «incubadoras de alimentos» hay una amplia variedad de cultivos que pueden crecer, tales como:

- **Vegetales de hoja:** Lechuga, espinacas, acelgas y col son plantas que prosperan en condiciones de humedad relativa controlada y temperaturas

moderadas, lo que les permite crecer de manera óptima durante todo el año. La capacidad de los invernaderos para proteger estas delicadas hojas de las heladas y de las fuertes lluvias es fundamental para garantizar su producción constante y de alta calidad.

- **Vegetales fructíferos:** Tomates, pepinos, calabacín, pimientos y berenjenas son plantas que requieren altos niveles de luz solar y temperatura para florecer y producir frutos, condiciones que los invernaderos pueden proporcionar de manera consistente.
- **Frutas:** Aunque muchas frutas se cultivan al aire libre, los invernaderos también son adecuados para ciertas variedades, especialmente aquellas que requieren condiciones específicas de temperatura y humedad. Por ejemplo, las fresas, los melones y los arándanos.
- **Hierbas y especias:** Cilantro, perejil, menta, romero y albahaca son cultivos populares en los invernaderos debido a su alta demanda y su rápida tasa de crecimiento.

- **Flores ornamentales:** Además de los alimentos, muchos invernaderos también cultivan flores ornamentales, como rosas, tulipanes, claveles y crisantemos. Estas plantas decorativas son apreciadas por su belleza y fragancia, y los invernaderos proporcionan el entorno perfecto para su cultivo durante todo el año.

Polinización y control biológico en un invernadero

Una de las características más destacadas de los invernaderos es la **polinización**, la cual es **necesaria para que las plantas puedan desarrollar nuevos frutos**. Los abejorros, por ejemplo, son los responsables de polinizar y fecundar para que, finalmente, se desarrollen los frutos. En algunos casos, como en el cultivo de tomate, **los agricultores polinizan las plantas agitándolas** por medio del golpeteo con una vara a las líneas de tutoreo, por lo que este proceso no requiere de los polinizadores.



Evaluación de variedades de pimientos en invernadero. Fotografía de G. Bautista-Bautista.

Otro punto importante es el **control de plagas y enfermedades**. Para no depender exclusivamente de productos químicos, muchos agricultores de invernaderos recurren a **métodos ecológicos** para proteger sus cultivos, lo cual incluye la **introducción de insectos benéficos**, como mariquitas, ácaros y otros **insectos depredadores** que se alimentan de las plagas, **hongos entomopatógenos**, así como el uso de **extractos de plantas repelentes** como lavanda y canela, o **trampas de colores** para insectos. De esta forma, el control biológico no solo es más respetuoso con el medioambiente, sino que también ayuda a prevenir la resistencia de las plagas a los plaguicidas y a mantener la salud del ecosistema dentro del invernadero, del ambiente y del consumidor de las cosechas.

Investigación y desarrollo de cultivos en invernaderos

En los invernaderos también se pueden llevar a cabo **investigaciones sobre el mejoramiento genético para el uso de biofertilizantes**, sobre el control de plagas, la resistencia a enfermedades, la adaptación al cambio climático y otras áreas relacionadas con la agricultura. Estos estudios contribuyen al **desarrollo de nuevas variedades de cultivos** con mejores características, como resistencia a plagas y enfermedades, uso eficiente del agua y nutrientes, adaptación a condiciones ambientales adversas, mayor rendimiento y calidad de la cosecha.

Tecnología implicada en los invernaderos

Como sabemos, la tecnología está presente en muchas de nuestras actividades cotidianas y el área de la agricultura no es la excepción; tal es así que hay sistemas automatizados que regulan la temperatura y la humedad del interior de los invernaderos, sensores

que monitorean el estado nutrimental de las plantas en tiempo real, robots de siembra y cosecha; es decir, que **la tecnología está presente en todas las etapas del proceso de cultivo**. En conjunto, todos estos sensores y sistemas tecnológicos permiten que los invernaderos sean altamente productivos.

La importancia de los invernaderos

Los invernaderos son más que simples estructuras metálicas; estas construcciones **representan una revolución en la agricultura moderna**, ofreciendo soluciones innovadoras para desafíos ambientales y alimentarios, proporcionando un ambiente controlado que garantiza su crecimiento óptimo y la producción de alimentos frescos y saludables en cualquier época del año. Dentro de estas «incubadoras de alimentos», una sorprendente **diversidad de cultivos puede prosperar**, desde vegetales de hoja

como la lechuga y las espinacas, hasta frutas como fresas y melones, pasando por hierbas aromáticas, flores y plantas ornamentales. La importancia de los invernaderos se extiende más allá de la producción de alimentos. **Son centros de investigación y desarrollo**, donde se estudian nuevas variedades de cultivos, se investiga la resistencia a enfermedades y se exploran prácticas agrícolas sostenibles.



Juárez-López P., Bugarín-Montoya R., Castro-Brindis R., Sánchez-Monteón A., Cruz-Crespo E., Juárez-Rosete C., Alejo-Santiago G. y Balois-Morales R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*, 3(8), 21-28. https://www.researchgate.net/publication/275658997_Estructuras_utilizadas_en_la_agricultura_protegida#fullTextFileContent

Moreno-Reséndez A., Aguilar-Durón J. y Luévano-González A. (2011). Características de la agricultura

protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29, 763-774. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14119052014.pdf>

Villagrán E., Romero-Perdomo F., Numa-Vergel S., Galindo-Pacheco J.R. y Salinas-Velandia D. A. (2024). Life Cycle Assessment in Protected Agriculture: Where Are We Now, and Where Should We Go Next? *Horticulturae*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010015>

ARTÍCULO

Microbios metabólicos: La relación que define tu bienestar

Luis Alberto Ayala-Ruiz, Joel Edmundo López-Meza y Patricia Ríos-Chávez



<https://pixabay.com/es/illustrations/hombre-est%3%b3mago-digesti%3%b3n-salud-9863942/>

Luis Alberto Ayala-Ruiz. Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
1232816g@umich.mx

Joel Edmundo López-Meza. Profesor e investigador, Facultad de Veterinaria, Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
elmeza@umich.mx

Patricia Ríos-Chávez. Profesora e investigadora, Facultad de Biología, Laboratorio de Fitobioquímica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
patricia.rios@umich.mx

Resumen

Tu microbiota intestinal es una comunidad de millones de microorganismos (bacterias y hongos) e incluso virus, que trabajan a diario en tu intestino. No solo ayudan a digerir los alimentos, también regulan tu metabolismo, tu inflamación y hasta tu peso. Cuando existe un desequilibrio, llamado disbiosis, aumenta el riesgo de obesidad, dislipidemia, diabetes mellitus tipo 2 y síndrome metabólico. Estos microorganismos producen sustancias como los ácidos grasos de cadena corta que protegen tu salud, o la trimetilamina-N-óxido que puede dañarla. La buena noticia es que puedes cuidarlos con una dieta rica en fibra, probióticos, prebióticos y ejercicio regular, fortaleciendo tu bienestar desde dentro.

Palabras clave: Disbiosis, metabolismo, microbiota.

RECIBIDO: 10/04/2025; ACEPTADO: 22/08/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

¿Te has preguntado qué sucede después de que los nutrientes de la comida llegan al intestino? Lo primero es pensar que estos son procesados por nuestro cuerpo con el objetivo de obtener los nutrientes que necesitamos para conseguir la energía para el funcionamiento de nuestras células. Sin embargo, este trabajo no se puede llevar a cabo sin la participación de millones de microorganismos que conforman la microbiota intestinal y que están trabajando arduamente, procesando lo que comes, regulando tu metabolismo y, en gran medida, determinando cómo tu cuerpo manejará esa energía.

Cada bocado de comida no solo alimenta a tu cuerpo, sino también a estos «microbios», un **ecosistema dinámico que juega un papel clave en la digestión, el almacenamiento de grasas y hasta en tu nivel de inflamación**. Este delicado equilibrio entre lo que comes y cómo lo procesan tus «compañeros invisibles» puede marcar la diferencia entre un metabolismo saludable o el desarrollo de enfermedades metabólicas como la obesidad, el hígado graso, la enfermedad cardiovascular y la diabetes mellitus.



Imagen generada por IA. Copilot de Microsoft.

Microbios con funcionalidades múltiples

La **microbiota intestinal** es el **conjunto de microorganismos que residen en el tracto gastrointestinal**. Este conjunto de microorganismos, como bacterias y hongos, y hasta virus, afecta múltiples aspectos de nuestro metabolismo. Aunque alguna vez se pensó que su único propósito era ayudar en la digestión, hoy sabemos que tiene un impacto mucho más amplio, ya que cumple funciones **esenciales en el mantenimiento de la salud**, como la protección contra patógenos, la modulación del sistema inmunológico y la producción de metabolitos clave para el metabolismo, lo que desempeña un papel crucial en nuestra salud, **controlando la aparición o el desarrollo de enfermedades denominadas «metabólicas»**.

¿Qué son las enfermedades metabólicas?

Las enfermedades metabólicas son **trastornos que afectan la forma en que el cuerpo utiliza y almacena la energía**. Estas incluyen a:

- **La obesidad:** Acumulación excesiva de grasa corporal.
- **La diabetes mellitus tipo 2:** Alteración en la regulación de los niveles de glucosa en la sangre debido a la resistencia a la insulina.
- **La dislipidemia:** Niveles anormales de lípidos en la sangre, como el colesterol y los triglicéridos.
- **Síndrome metabólico:** Conjunto de condiciones que aumentan el riesgo de enfermedad cardíaca, accidente cerebrovascular y diabetes mellitus.

La estrecha relación entre la microbiota y las enfermedades metabólicas

La relación entre la microbiota intestinal y las enfermedades metabólicas es multifactorial. Se han iden-

tificado varios mecanismos mediante los cuales la microbiota puede influir en el metabolismo, y viceversa, los cuales abordaremos a continuación.

Alteración en la composición de la microbiota (disbiosis). La disbiosis es un desequilibrio en la composición de la microbiota intestinal que puede estar asociada con una serie de enfermedades metabólicas. En personas con obesidad y diabetes mellitus tipo 2 se ha observado una reducción en la diversidad bacteriana, es decir, una menor variedad de tipos de bacterias en el intestino. Esta disminución de la diversidad está relacionada con alteraciones en el metabolismo energético y la inflamación crónica, dos factores clave en el desarrollo de enfermedades metabólicas.

Producción de metabolitos. La microbiota intestinal produce una serie de metabolitos, como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (acetato, propionato y butirato), que tienen efectos benéficos sobre el metabolismo. Estos AGCC son importantes para regular la inflamación, la sensibilidad a la insulina y la función de la barrera intestinal. Una

alteración en la producción de estos metabolitos puede contribuir al desarrollo de resistencia a la insulina, uno de los primeros pasos hacia la diabetes mellitus tipo 2. Por otro lado, algunas bacterias intestinales producen sustancias como la trimetilamina-N-óxido (TMAO), que se ha relacionado con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares. Esto demuestra cómo ciertos productos bacterianos pueden tener tanto efectos protectores como dañinos sobre el metabolismo.

Modulación de la inflamación. La inflamación crónica de bajo grado es una característica común en muchas enfermedades metabólicas, como la obesidad y la diabetes mellitus tipo 2. La microbiota juega un papel clave en la regulación de esta inflamación. Cuando hay disbiosis, el intestino puede volverse más permeable, lo que permite que fragmentos bacterianos, como el lipopolisacárido (LPS), ingresen al torrente sanguíneo. Este proceso, conocido como «intestino permeable» o *leaky gut*, puede desencadenar respuestas inflamatorias sistémicas que promueven la resistencia a la insulina y el aumento de peso.



Microbiota bajo la lupa: Lo que la ciencia nos revela

La microbiota intestinal **influye en la forma en que el cuerpo almacena y utiliza las grasas**. Se ha observado que personas con obesidad presentan una microbiota menos eficiente en la conversión de energía alimentaria, lo que resulta en una mayor acumulación de grasa corporal. **Algunas bacterias intestinales parecen estar relacionadas con la promoción del almacenamiento de grasa**, mientras que otras tienen un efecto protector.

<https://pixabay.com/es/illustrations/abdomen-biolog%c3%ada-vejiga-cuerpo-8762848/>

Diversos estudios han demostrado la conexión entre la microbiota intestinal y las enfermedades metabólicas. Uno de los hallazgos más consistentes en la investigación sobre la microbiota y la obesidad es la relación entre los filos de bacterias Firmicutes y Bacteroidetes. Un aumento en la proporción de Firmicutes sobre Bacteroidetes ha sido asociado con obesidad, mientras que una mayor proporción de Bacteroidetes tiende a estar relacionada con un peso saludable.

En cuanto a la diabetes mellitus tipo 2, distintas investigaciones han demostrado que una microbiota diversa y rica en ciertos tipos de bacterias, como *Akkermansia muciniphila*, puede mejorar la sensibilidad a la insulina y reducir la inflamación crónica. Este microorganismo en particular parece jugar un papel protector al fortalecer la barrera intestinal y reducir el riesgo de inflamación sistémica.

Intervenciones para mejorar la microbiota y prevenir enfermedades metabólicas

Dado el papel central de la microbiota intestinal en las enfermedades metabólicas, las intervenciones dirigidas a mejorar su equilibrio son un campo prometedor de investigación. Algunas estrategias que han mostrado resultados positivos incluyen:

- **Dieta rica en fibra:** Consumir alimentos ricos en fibra, como frutas, verduras, legumbres y granos integrales, promueve el crecimiento de bacterias benéficas. Las fibras prebióticas alimentan a las bacterias como las bifidobacterias, que producen AGCC protectores.
- **Probióticos y prebióticos:** Los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se consu-

men en cantidades adecuadas, pueden mejorar la salud intestinal. Por otro lado, los prebióticos son fibras no digeribles que sirven de alimento a las bacterias benéficas. Juntos, pueden mejorar la composición de la microbiota y reducir la inflamación relacionada con enfermedades metabólicas.

- **Actividad física:** El ejercicio regular no solo ayuda a mantener un peso saludable, sino que también tiene efectos positivos en la diversidad y funcionalidad de la microbiota.
- **Reducción del uso de antibióticos:** El uso excesivo de antibióticos puede alterar significativamente a la microbiota intestinal, eliminando bacterias benéficas y fomentando la disbiosis. Es importante usar antibióticos solo cuando sea estrictamente necesario y bajo supervisión médica.

La microbiota intestinal y su relación con las enfermedades metabólicas es un campo de estudio apasionante que está revolucionando nuestra comprensión de la salud y la enfermedad. En la actualidad, se estudia el papel que desempeña en la regulación de ciertos genes y cómo esto puede ayudarnos a prevenir patologías a nivel molecular.

El equilibrio de los microorganismos intestinales no solo afecta nuestro metabolismo, sino también nuestra respuesta inflamatoria, nuestra capacidad para regular el peso y el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas. A través de una dieta equilibrada, ejercicio y el uso adecuado de probióticos y prebióticos, es posible mejorar la composición de la microbiota y, potencialmente, prevenir o mitigar el impacto de las enfermedades metabólicas.



Devaraj S., Hemarajata P. y Versalovic J. (2013). La microbiota intestinal humana y el metabolismo corporal: Implicaciones con la obesidad y la diabetes. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 47(2), 421-434. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-29572013000200019&script=sci_arttext&tlng=en

Icaza-Chávez M.E. (2013). Microbiota intestinal en la salud y la enfermedad. *Revista de Gastroenterología de México*, 78(4), 240-248. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375090613001468>.

Sanz Y., Santacruz A. y Dalmau J. (2009). Influencia de la microbiota intestinal en la obesidad y las alteraciones del metabolismo. *Acta Pediatr. Esp.*, 67(9), 437-442. https://www.researchgate.net/profile/ArletteSantacruz/publication/242555019_Influencia_de_la_microbiota_intestinal_en_la_obesidad_y_las_alteraciones_del_metabolismo/links/02e7e53b56a444f665000000/Influencia-de-la-microbiota-intestinal-en-la-obesidad-y-las-alteraciones-del-metabolismo.pdf

ARTÍCULO

El derecho a elegir. La importancia de la Voluntad Anticipada

Gabriela López-Torres y Roxana Farfán-Núñez



<https://pixabay.com/es/photos/m%C3%A9dico-cama-de-hospital-entrega-840127/>

Gabriela López-Torres. Profesora e investigadora, Facultad de Odontología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

gabriela.lopez.torres@umich.mx

Roxana Farfán-Núñez. Técnico académico, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

roxana.farfan@umich.mx

Resumen

La Voluntad Anticipada representa un aspecto muy importante en la ética médica moderna, permitiendo a las personas la oportunidad de expresar sus deseos o preferencias con respecto a la atención médica que pueden requerir en un futuro. La autonomía del paciente es fundamental al tomar decisiones con respecto a la Voluntad Anticipada, la cual les permite, cuando su capacidad de elección está comprometida, manifestar sus deseos e intereses con respecto a los cuidados médicos que quieren recibir. Los avances en cuanto al respeto de la autonomía de los pacientes se manifiestan en las leyes y en la percepción cultural, acatando las preferencias legales de las personas. En este artículo, exponemos una visión de la Voluntad Anticipada desde una reflexión ética profunda.

Palabras clave: Respeto a la autonomía, toma de decisión.

RECIBIDO: 16/07/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

¿Qué es la Voluntad Anticipada?

Quizá, en algún momento, has pensado en qué pasaría si llegara el día en que requieras atención médica, pero que carezcas de la capacidad física o mental para expresar o decidir a qué tratamiento o procedimiento médico deseas someterte. Es entonces cuando necesitas haber manifestado previamente, a través de un documento legal, tu voluntad o preferencia; esto es la Voluntad Anticipada.

La Voluntad Anticipada es el acto a través del cual una persona, que se encuentra en una situación de enfermedad terminal o previendo este escenario, **expresa su voluntad en una declaración, de manera anticipada, sobre lo que desea para sí en relación con el o los tratamientos y cuidados de salud respectivos**, por ejemplo, un acta o en una escritura de Voluntad Anticipada. En Michoacán, esta voluntad se sustenta en la **Ley de Voluntad Vital Anticipada del Estado de Michoacán de Ocampo**, publicada en el Periódico Oficial del Estado, el 29 de diciembre de 2016, tomo CLXVI, número 31, vigésima octava sección.

¿Cuál es el propósito de la Voluntad Anticipada?

Su objetivo está relacionado con entender que las personas que se encuentran en la etapa terminal de una enfermedad son seres vivos hasta su último día; por esto, se debe respetar su voluntad y su dignidad en todo momento, intentar disminuir el sufrimiento, garantizando así una muerte natural de manera respetuosa. En resumen, **es darle al paciente, en lo posible, una digna calidad de vida hasta el final.**

Para una mejor comprensión, **es importante destacar las características de la enfermedad en etapa terminal.** Es una en-

fermedad **avanzada, progresiva, incurable, con pocas probabilidades de responder favorablemente a un tratamiento** y que presenta muchas complicaciones por diversas causas, incluyendo un deterioro cognitivo severo. Además, emocionalmente, el paciente puede estar deprimido, ya que su **esperanza de vida es menor a seis meses.**

Orígenes de la Voluntad Anticipada

El movimiento **inició en Estados Unidos en 1976**, sentando las bases de la Voluntad Anticipada. A lo largo de los años, ha tomado fuerza, permitiendo a las personas manifestar su deseo o desacuerdo a recibir o no los procedimientos médicos, aun cuando ya no sean capaces de comunicarse.

Desde sus inicios, se empezaron a promover leyes con las que **surgieron documentos legales**, con diferentes nombres, para expresar la decisión de una persona sobre su atención médica en un futuro. **Reconocer la Voluntad Anticipada de manera legal permitió su aceptación y aplicación en la sociedad.** De tal manera que, al reflexionar sobre los orígenes de la Voluntad Anticipada, se puede notar cómo los cambios culturales, progresos éti-

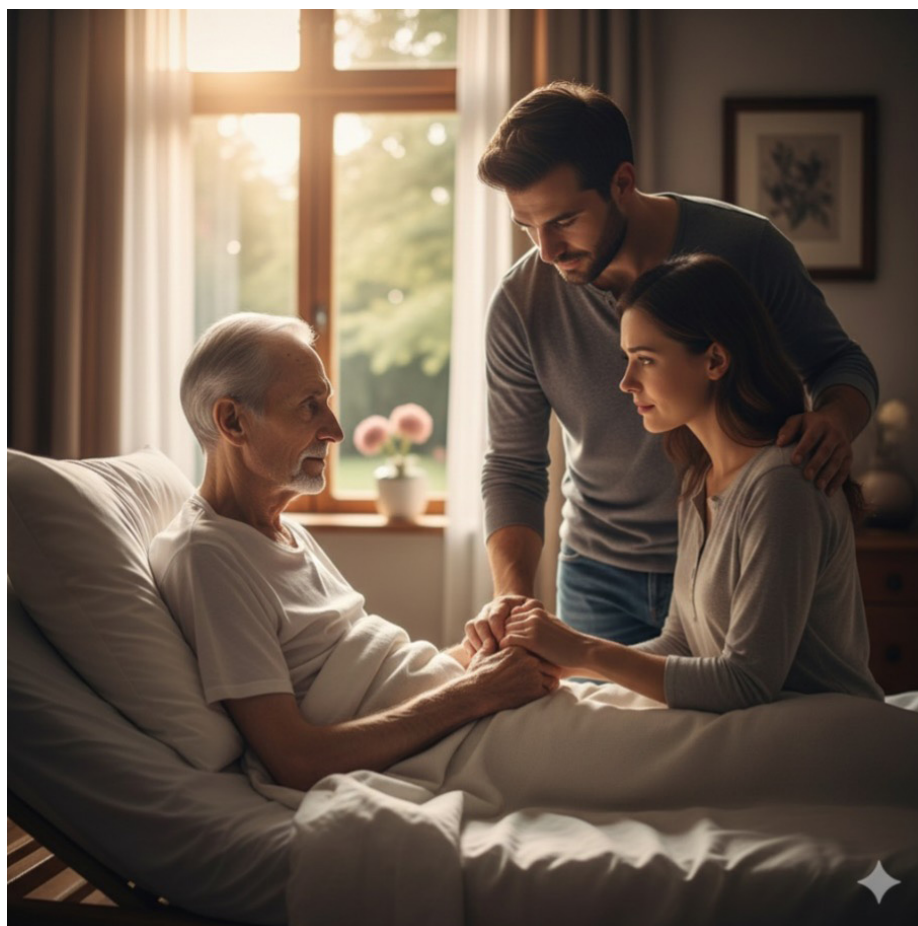


Imagen creada por IA. Gemini.google.com



Imagen creada por IA. Gemini.google.com

cos y nuevas leyes coinciden para favorecerla.

En este sentido, **es importante una visión ética**, con el propósito de hacer valer y respetar las preferencias individuales en cuanto a atención médica se refiere, **por encima, incluso, de la percepción médica**. Sin duda, actualmente existe una variedad de posibilidades en tratamientos y procedimientos para prolongar la vida, conservando las funciones vitales. Precisamente son estas circunstancias las que hacen **indispensable la necesidad de elementos que permitan a los pacientes expresar sus deseos de manera anticipada**.

A lo largo de los años, con el avance médico y la transición a conductas más éticas, se han presentado una serie de cambios con respecto a las facultades y responsabilidades del médico, en el sentido de las intervenciones para sus pacientes. Si bien la autonomía y las decisiones de las personas han sido durante mucho tiempo determinantes en la ética médica, recientemente se ha tornado imprescindible hacerlo de manera formal por medio de un documento legal.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha enfatizado la trascendencia de la toma de decisiones y la Voluntad Anticipada en la atención médica. La Organización de las Naciones Unidas

para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), desde el 2005, asumió **la declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos**, que recalca la necesidad sobre el **respeto a la autonomía de las personas en el entorno de la atención médica**.

Controversia y decisión

La Voluntad Anticipada siempre ha sido un tema controversial, en función, por un lado, del **respeto a la autonomía del paciente** y, por el otro, a las **decisiones médicas con base en la experiencia**. Finalmente, los médicos han ido permitiendo que sea el paciente quien tome las decisiones con respecto a sus cir-

cunstancias de salud-enfermedad. La aplicación de la Voluntad Anticipada puede ser complicada, en gran parte, porque **deben coincidir las cuestiones legales, éticas y culturales de las familias y de las distintas sociedades**, que cada día aceptan mejor las preferencias de las personas, permitiendo que estas decisiones no solo sean consideradas, sino también respetadas por los médicos.

Indiscutiblemente, cuando se trata de Voluntad Anticipada en los casos cuando se ve mermada o imposibilitada la comunicación directa del paciente, **uno de los aspectos más importantes es redactarla de manera efectiva, clara y asegurándose de que estos instrumentos manifiesten con fidelidad los valores y los deseos del individuo en momentos críticos**. Estos documentos además de permitir a los pacientes manifestar sus deseos y preferencias a cerca de posibles necesidades por su estado de salud en un futuro, **incluyen instrucciones precisas sobre el final de su vida**, al manifestar la decisión de recibir cuidados paliativos para aliviar el dolor y no prolongar el sufrimiento con tratamientos invasivos en situaciones de salud irreversibles, como reanimación cardiopulmonar, ventilación asistida o alimentación e hidratación de manera no natural, **convirtiéndose entonces en la voz del paciente**.

También deben nombrar a un **responsable médico**. El problema puede iniciar al tratar de equilibrar qué tan flexible ser en una situación médica en particular. Lo más importante es evitar procedimientos o intervenciones que se consideren inútiles y que pueden solo alargar el fin de la vida con una muy baja calidad, provocando el sufrimiento innecesario de las personas. En este sentido, **resulta esencial contemplar cualquier escenario médico que se pueda presentar**, por ejemplo, anticipar eventualidades médicas posibles o intentar expresar indicaciones precisas que contemplen situaciones no previstas y con la flexibilidad suficiente, convirtiéndose en verdaderos retos de la práctica ética. **Redactar la Voluntad Anticipada con la claridad** necesaria para expresar los deseos y usando los términos correctos para una comprensión adecuada, **evitará malentendidos y dilemas éticos al momento de la interpretación**.

Estas situaciones destacan la **necesidad de educar tanto a la sociedad en general como a los médicos**, fomentando una comunicación directa de los pacientes con sus familiares y médicos, evitando cualquier situación problemática que puede surgir con las opiniones familiares, donde difieren de la decisión que haya tomado y expresado por escrito el paciente. Aun así, pueden surgir conflictos o intereses familiares, lo que pone en riesgo el hacer valer los deseos del paciente. En estos casos, la intervención del médico es crucial para facilitar la solución del dilema.

Por todo lo anterior, **la práctica de la Voluntad Anticipada implica factores bioéticos** que

deben garantizar el respeto de la voluntad del paciente, así como la práctica ética del médico, **por lo que deben prevalecer los cuatro principios éticos: autonomía (respeto), beneficencia, justicia y no maleficencia**. Es importante destacar la actualización de la Voluntad Anticipada con respecto a los escenarios médicos, progresos en tratamientos e incluso el cambio en la forma de pensar de los pacientes.

La implementación de la Voluntad Anticipada **en Michoacán es un avance relevante en el reconocimiento de los derechos de los pacientes para tomar decisiones informadas y autónomas sobre su atención médica**. Sin embargo, enfrenta desafíos legales, éticos y socioculturales que requieren una atención continua y colaborativa por parte de todos los actores involucrados. Al promover un enfoque integral que combine la legislación robusta, la reflexión ética y el diálogo sociocultural, Michoacán puede avanzar hacia un sistema de atención médica más centrado en el respeto a la dignidad y la autonomía de cada individuo.

En resumen, **se requieren políticas y prácticas claras, comunicación y respeto por la diversidad y valores individuales**.



Ley de Voluntad Vital Anticipada del Estado de Michoacán de Ocampo (29 de diciembre de 2016). *Periódico Oficial del Estado de Michoacán*, tomo CLXVI, núm. 31, vigésima octava sección. <http://congresomich.gob.mx/file/LEY-DE-VOLUNTAD-VITAL-ANTICIPADA-DEL-ESTADO-REF-29-DIC-2016.pdf>

Carta de voluntad anticipada: ¿Qué es? ¿Es legal en México? (14 de septiembre de 2022). *El Financiero*. <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/2022/09/14/carta-de-voluntad-anticipada-que-es-es-legal-en-mexico/>

Colegio de Bioética, A.C. Voluntades Anticipadas <https://colegiodebioetica.org.mx/voluntades-anticipadas/>.

ARTÍCULO

La prohibición de sancionar dos veces

Ulises Martínez-Rosiles



<https://pixabay.com/es/photos/la-dama-de-la-justicia-legal-ley-2388500/>

Ulises Martínez-Rosiles. Doctorante en Ciencias Jurídicas, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
ulic.mr@gmail.com

Resumen

En la Constitución mexicana existe un principio que prohíbe sancionar dos veces por los mismos hechos a una misma persona; no obstante, existe un criterio de la máxima autoridad judicial en México que establece que este principio no es aplicable cuando se trata de sanciones distintas. Este criterio es muy antiguo y no se ha actualizado a los criterios internacionales más actuales, los cuales refieren que existe un solo poder de castigo del gobierno, que esencialmente son idénticas ambas formas de sanción y que, una vez que se ha emitido una sentencia, ya no puede modificarse lo resuelto en ella, siempre y cuando se trate de la misma persona, el mismo hecho o la misma conducta, así como la misma pretensión de sancionar. Quienes emiten facturas digitales son sancionados administrativa y penalmente, lo que lleva a analizar si con ello se viola este principio de la prohibición de la doble sanción.

Palabras clave: Facturas digitales, prohibición, sanciones.

RECIBIDO: 27/06/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

¿Es injusto sancionar dos veces?

Agripino es un niño de 8 años bastante inquieto. Cierta día, entra a una juguetería y roba un juguete de la tienda; sus padres se dan cuenta hasta que llegan a su casa. ¿Qué tienen que hacer ellos ante esta situación? Probablemente, considerando que son padres conscientes, lo primero que harían es obligarlo a devolver el juguete. ¿Eso es suficiente para que entienda que robar está mal? Quizás no. Como padres que quieren corregir la conducta del niño para evitar que se convierta en un mal hábito, pensarían en castigarlo, pretendiendo que con ello reciba el mensaje.

Podemos pensar en múltiples formas de castigar; por ejemplo, algunos creerían que un simple regaño es suficiente, otros le quitarían temporalmente el celular, otros le impedirían que saliera a jugar, incluso algunos pensarían en golpes; esto dependerá de la forma de pensar de cada uno. Ahora bien, imaginemos que después de un mes su padre recuerda el vergonzoso evento y decide castigarlo nuevamente de la misma forma, ¿sería esto justo para Agripino? Aquí hacemos una breve pausa para señalar que en la **Constitución mexicana** existe un principio que consiste en la **prohibición al gobierno de sancionar dos veces a una persona por una misma conducta**, por considerarlo injusto.

Regresando a nuestra historia. Supongamos que después de ese mes el nuevo castigo no es del mismo modo, ¿es injusto o no lo es? Aquí hacemos otro paréntesis para señalar que **existen diversas maneras de castigar**, principalmente **como delito que se sanciona con prisión y como infracción que se sanciona, esencialmente con multa**. Nuevamente, regresemos a nuestra historia. Agripino crece y un buen día, que decide irse de parranda, es detenido por manejar en estado de ebriedad, infracción administrativa que se sanciona con una multa de cinco mil pesos y la suspensión de su licencia de mane-

jo por seis meses. Pero, además, resulta que también es considerado un delito y es sancionado con seis meses de prisión.

Si Agripino fuera sancionado dos veces penalmente (por el mismo delito) con prisión, no hay duda de que es una doble sanción; o si fuera sancionado dos veces administrativamente (por la misma infracción), tampoco hay duda de que se está sancionando dos veces. Pero, **¿qué pasa si se le sanciona una vez por la vía administrativa y otra por la vía penal? ¿Habrá doble sanción?**

La problemática de la emisión de facturas digitales «falsas»

Esta problemática también se presenta en las relaciones del gobierno con las personas que están obligadas al pago de impuestos, denominados contribuyentes. Sucede que **existen conductas que se castigan como infracciones y también como delitos; tal es el caso de la emisión de facturas digitales para venderlas a otros contribuyentes**. Las facturas digitales son hoy en día lo que en su tiempo eran las facturas en papel y que no son otra cosa que los documentos con los que se comprueba que se llevó a cabo una operación comercial, por ejemplo, una compraventa. Entonces, existen per-

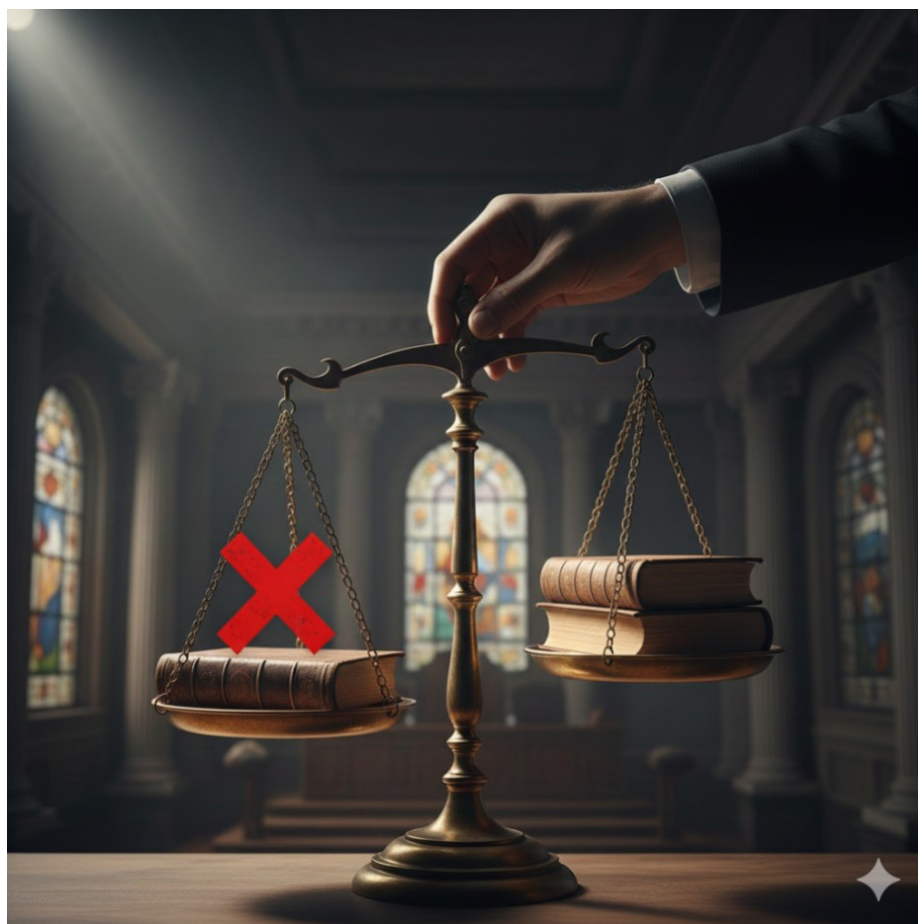


Imagen creada por IA. Gemini.google.com



<https://pixabay.com/es/photos/padres-hijo-hablar-gente-8170301/>

sonas que venden estas facturas digitales sin que se haya llevado a cabo la operación comercial, lo que provoca que quienes las compran paguen menos impuestos porque realizan deducciones a sus ingresos.

Tal situación ocasiona una reducción de los ingresos del gobierno, generando un grave problema a las finanzas públicas porque se deja de destinar ese recurso a la construcción de carreteras, de escuelas, de hospitales, etcétera. A tal grado ha llegado esta problemática que, de 2014 a 2018, la reducción de los ingresos fue de aproximadamente dos billones de pesos. Para combatir esta práctica, el gobierno lleva a cabo diversas acciones; por un lado, un procedimiento administrativo de revisión muy específico en el que se pretende que el contribuyente compruebe que las operaciones comerciales que señaló en sus facturas digitales efectivamente se hayan llevado a cabo.

En caso de no comprobarlo, se le sanciona por la vía administrativa, dejando sin efectos sus facturas digitales, se le publica a nivel nacional en el Diario Oficial del gobierno federal y en la página de internet del Servicio de Administración Tributaria (SAT); además, se le cancelan las herramientas para emitir facturas digitales, se le prohíbe que sea

contratado en el gobierno federal, estatal o municipal y se le impide llegar a acuerdos con el SAT. Asimismo, puede ser sancionado penalmente con pena de prisión que va desde los dos a los nueve años de prisión.

Esta doble sanción, una por la vía administrativa y la otra por la vía penal, nos lleva a analizar si ello va en contra del principio que hemos comentado de la prohibición de doble sanción que establece la Constitución mexicana.

Postura de México y en otros países

En este sentido, en situaciones similares, los tribunales nacionales han determinado que no se viola este principio; sin embargo, este criterio es de mediados del siglo pasado. Actualmente, a nivel internacional, se han desarrollado algunos criterios que contradicen el mexicano. Por ejemplo, un criterio que ha permeado en muchos países indica que el derecho del gobierno a castigar es uno solo; en este se argumenta que este derecho a castigar deriva de una renuncia de los ciudadanos a la venganza privada, es decir, a hacer justicia por su propia mano, pues este tipo de «justicia» derivaba en excesos de quien la ejercía.

Pero este derecho a castigar del gobierno

tampoco es ilimitado, ya que hubo una época en la que los gobiernos abusaron de este con castigos extremadamente crueles; por ello, **existen derechos y principios que garantizan que no se abuse de este derecho**. De lo que resulta que, **si el gobierno castiga, solo puede hacerlo una vez**, independientemente de qué tipo de autoridad lo haga o qué tipo de castigo utilice.

Otro **criterio** es el que asegura **que la sanción administrativa y la sanción penal guardan una similitud en su esencia**. Hasta determinada época, la única forma de sancionar era la penal o criminal; sin embargo, en Alemania se desarrolló esta nueva forma de hacerlo (administrativamente) bajo el concepto que aún existe y que conocemos como «**policía**» que significa que **una autoridad administrativa, por medio de esta función de vigilancia, prevendría la comisión de delitos**; pero, además, esta autoridad administrativa, dependiente del Poder Ejecutivo y no del judicial como tradicionalmente se hacía, **podría imponer sanciones derivadas de esta función de policía**.

Entonces, independientemente del fin que se persiga, **la sanción penal o la sanción administrativa tienen la misma naturaleza**; por ello, si se considera que una conducta es menos grave, puede ser considerada como infracción, pero si es grave, será un delito.

Finalmente, existe un derecho denominado «**cosa juzgada**», que significa que **lo ya resuelto por un juez o tribunal es considerado una «verdad legal» y no puede ser modificado**. Para que exista esta cosa juzgada, se tienen que presentar tres elementos: la misma persona, el mismo hecho y la pretensión. Cuando hablamos de **pretensión**,

es en donde existen mayores controversias, pero actualmente se considera que **se trata de la misma intención de sancionar**. Así lo han determinado algunos países como España, Argentina, Colombia, Chile y Perú, que se consideran más avanzados en el Derecho que México; incluso así lo determinó el Tribunal Europeo de los Derechos Humanos, que es el tribunal internacional más importante de Europa en estos casos.

Por eso, **cuando una persona es sancionada dos veces**, una por la vía administrativa y otra por la vía penal, se considera que **viola el principio de la prohibición de doble sanción**, pues el poder del gobierno para hacerlo es uno solo; además, esencialmente, son iguales ambas sanciones, siempre y cuando se trate de la misma persona, el mismo hecho o conducta y la misma intención sancionatoria.

En consecuencia, **cuando un contribuyente emite facturas digitales sin haber llevado a cabo las operaciones comerciales** y es sancionado administrativamente y por la vía penal, **podrá ser protegido por el principio de la prohibición de la doble sanción**, ya que el poder del gobierno para hacerlo es uno solo y, esencialmente, tienen la misma naturaleza, siempre y cuando se trate de la misma persona y el mismo hecho.



Anguiano, G. (2022). *Estudio constitucional del principio non bis in idem y su aplicación en el procedimiento administrativo sancionador en México, España, Colombia y Perú*. Universidad da Coruña. <https://ruc.udc.es/rest/api/core/bitstreams/c7f03ebc-05d1-4fao-895d-c626d7febf33/content>

Canchari, E. (2009). El principio de *Ne bis in idem* y su aplicación en el derecho tributario sancionador: Controver-

sias y problemáticas actuales. *Derecho y Sociedad*, (33), 183-195. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derecho-y-sociedad/article/view/17469>

Ríos, G. (2005). Las infracciones tributarias en el sistema tributario mexicano. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 114(1), 1165-1186. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332005000300007

ARTÍCULO

La madera, el material del futuro

María Guadalupe Zavala-Páramo y Horacio Cano-Camacho



María Guadalupe Zavala-Páramo. Profesora e investigadora adscrita al Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, FMVZ, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
maria.zavala.paramo@umich.mx

Horacio Cano-Camacho. Profesor e investigador adscrito al Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, FMVZ, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
horacio.cano@umich.mx

Resumen

El uso de la madera como material de construcción es muy antiguo y se remonta a los primeros asentamientos humanos. Existen registros de su uso por especies de homínidos que datan de hace más de 400 000 años, mientras que las cabañas más antiguas tienen una antigüedad de entre 10 000 y 12 000 años. La madera es el material duro y fibroso que se obtiene del tronco, las ramas y las raíces de los árboles. Está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes que le confieren resistencia y flexibilidad. Gracias a estas propiedades, se utiliza en múltiples aplicaciones, como la construcción, la fabricación de muebles, la carpintería, la producción de papel y como fuente de combustible.

Palabras clave: Árboles, celulosa, lignina, madera.

RECIBIDO: 23/08/2025; ACEPTADO: 11/12/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Razones del uso de la madera

Propiedades

- **Alta resistencia en relación con su peso:** La madera es un material ligero, pero estructuralmente fuerte, lo que la hace ideal para construcciones resistentes sin necesidad de refuerzos pesados.
- **Flexibilidad y elasticidad:** Puede absorber impactos y tensiones sin fracturarse fácilmente, lo que la hace adecuada para estructuras que deben soportar movimientos (como terremotos).
- **Durabilidad y estabilidad:** Algunas maderas, como la teca o el encino, son altamente resistentes al desgaste, la humedad y los insectos.

Facilidad de trabajo y versatilidad

- **Fácil de cortar, moldear y ensamblar:** En comparación con materiales como el acero o el hormigón, la madera se puede trabajar con herramientas básicas.
- **Aplicaciones diversas:** Se usa en construcción (casas, puentes, vigas), mobiliario, instrumentos musicales, papel, embalajes, artesanías, entre otros.

Propiedades térmicas y acústicas

- **Buen aislamiento térmico:** La madera es un material natural con baja conductividad térmica, lo que ayuda a mantener temperaturas agradables en interiores.

- **Absorción acústica:** Reduce la reverberación del sonido, lo que la hace ideal para auditorios, teatros y estudios de grabación.

Sostenibilidad y disponibilidad

- **Material renovable:** Los árboles pueden replantarse, asegurando un suministro continuo de madera si se manejan de manera sostenible.
- **Menor impacto ambiental:** En comparación con otros materiales, como el cemento o el acero, la producción de madera genera menos emisiones de CO₂.

Estética y diseño

- **Belleza natural:** La variedad de colores, texturas y vetas de la madera la hace atractiva en el diseño de interiores y exteriores.
- **Combinación con otros materiales:** Se integra bien con vidrio, metal y piedra en construcciones modernas.

Gracias a estas características, la **madera** sigue siendo uno de los **materiales más importantes en la historia de la humanidad**, y su uso continúa evolucionando con la ayuda de nuevas tecnologías. A continuación, explicaremos por qué la madera es «**el material del futuro**». Durante gran parte del siglo XX, la arquitectura moderna y el diseño industrial parecían haberla dejado en segundo plano: el acero, el vidrio y el concreto armado se volvieron sinónimos de progreso técnico y





estético (peor aún, los plásticos). Sin embargo, en los albores del siglo XXI, la madera ha recuperado un lugar destacado tanto en la arquitectura como en la fabricación de muebles. Este regreso no es una moda, sino el **reflejo de una nueva forma de pensar, más consciente del medioambiental** y de las posibilidades tecnológicas y culturales que reconoce en la madera un **material profundamente contemporáneo, versátil y sostenible**.

Como hemos mencionado anteriormente, la madera no solo es el material más antiguo utilizado por el ser humano, sino también uno de los más avanzados. Su estructura celular —un entramado de fibras y microfibrillas de celulosa unidas por lignina— le otorga una resistencia mecánica excepcional en relación con su peso, comparable incluso con materiales compuestos de última generación. En un contexto en el que la sostenibilidad se ha convertido en eje central de la innovación, la madera ofrece ventajas difíciles de igualar: **es un recurso renovable, almacena carbono a lo largo de todo su ciclo de vida y puede reciclarse o biodegradarse sin dejar residuos tóxicos**. De hecho, es uno de los pocos materiales con una huella de carbono negativa, a diferencia del acero y el concreto, que se encuentran entre los principales emisores de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

La madera: El regreso del material moderno

La llamada «arquitectura de madera del siglo XXI» surge como una respuesta al uso excesivo

de cemento y acero que marcó la urbanización del siglo pasado. Desde rascacielos construidos con madera laminada cruzada (CLT, por sus siglas en inglés) en países como Noruega, Canadá o Japón, hasta casas modulares y los pabellones temporales que combinan tecnologías digitales con saberes artesanales locales, **la madera se presenta hoy como un material altamente tecnológico**. Su transformación ya no depende únicamente del hacha o el serrucho, sino de herramientas como el diseño asistido por computadora, el **corte CNC y la impresión 3D** aplicada a componentes estructurales. Así, la madera no solo se renueva, sino que se reinventa como un material del futuro.

Además de sus cualidades estructurales, la madera tiene una dimensión emocional y simbólica que la hace única. **Su textura, olor y temperatura transmiten una sensación de calidez** que el acero o el concreto no pueden ofrecer. Esta cualidad sensorial ha sido recuperada por arquitectos y diseñadores que buscan **humanizar los espacios habitables**. En las viviendas, escuelas y oficinas contemporáneas, la presencia de superficies de madera **reduce el estrés, mejora la acústica y genera un ambiente de bienestar** comprobado por diversos estudios de ergonomía ambiental. La modernidad, en este sentido, no se define solo por la tecnología, sino también por la capacidad de generar espacios más humanos y sostenibles.

En el ámbito del mobiliario, la madera vive también un renacimiento creativo. Diseñadores

y carpinteros redescubren las **virtudes de las especies locales**, combinando la tradición del oficio con la experimentación formal. La precisión del diseño digital permite crear uniones invisibles, curvas que antes parecían imposibles y superficies casi escultóricas; sin embargo, la esencia del material sigue siendo la misma: **la madera respira, cambia con el tiempo, adquiere pátina y guarda la memoria de su entorno**. En una época dominada por lo efímero y lo desechable, el mueble de madera representa permanencia, cuidado y afecto.

El auge de la carpintería contemporánea no es ajeno a esta transformación cultural. Pequeños talleres, artesanos y fabricantes independientes han encontrado en la **madera un territorio fértil para conciliar lo artesanal y lo tecnológico**. Las herramientas digitales permiten producir con precisión industrial, pero sin perder la relación íntima entre el creador y el material. Así, un mueble moderno puede ser al mismo tiempo una pieza de diseño global y una expresión local, hecha con encino mexicano, haya europea o bambú asiático, dependiendo del contexto y de la historia que se quiera contar.

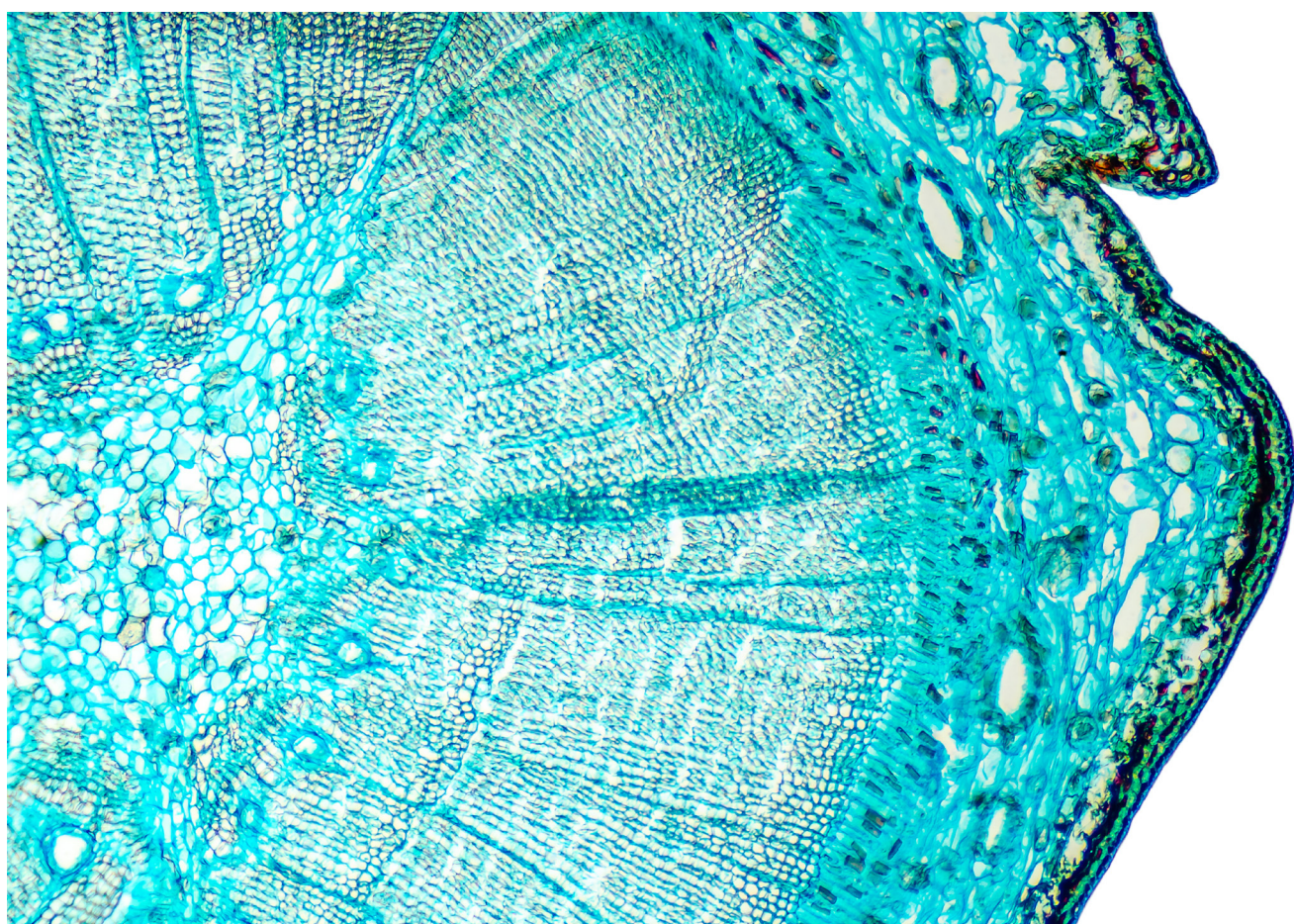
El retorno de la madera a la arquitectura y al diseño no significa una nostalgia del pasado, sino una apuesta por un futuro más sensato. En un planeta que demanda eficiencia energética, reducción de huellas de carbono y materiales que favorezcan la economía circular, la madera encarna una mo-

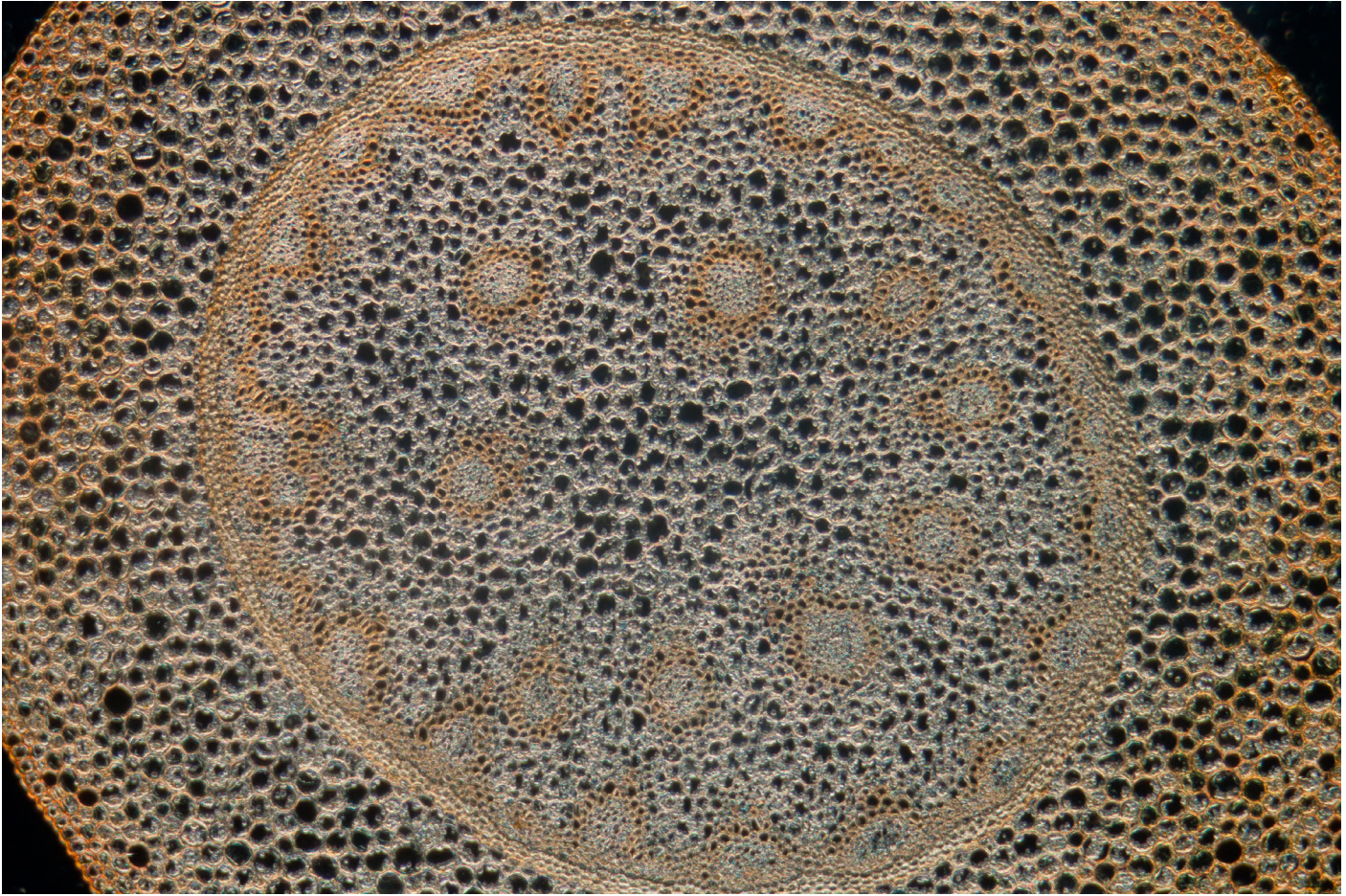
dernidad más consciente. **Su «nueva» vigencia nos recuerda que el verdadero progreso no siempre está en lo que se inventa, sino en lo que se reinterpreta**. La madera, material de la tradición, se convierte así en el emblema de una modernidad sostenible, cálida y profundamente humana.

¡Lo más sorprendente es que la madera está hecha básicamente de azúcar y alcohol!

La pared celular vegetal y la formación de la madera: una arquitectura viva

Las células vegetales están rodeadas de una estructura nanofibrilar muy resistente —aunque flexible— que las protege de daños mecánicos, de ataque de patógenos potenciales, de herbívoros y contra la presión de turgencia dada por la absorción de agua. Las células vegetales construyen estas paredes que son fundamentales para el crecimiento, la morfogénesis y la mecánica de las plantas. A partir de azúcares simples, la célula ensambla tres grupos de polisacáridos —celulosa, hemicelulosas y pectinas— con propiedades físicas muy diferentes para formar una pared fuerte, pero extensible y flexible. Además de los polisacáridos, las paredes de plantas maduras presentan un polímero de alcoholes aromáticos llamado lignina en las paredes secundarias, así como una pequeña cantidad de proteínas de la pared celular vegetal (PCV).





Existen distintos tipos de madera según su origen:

- **Maderas duras:** Proviene de árboles de crecimiento lento, como el roble, la caoba o el nogal, y suelen ser más resistentes.
- **Maderas blandas:** Proviene de árboles de crecimiento rápido, como el pino o el abeto, y son más fáciles de trabajar.

La pared celular es una de las estructuras más singulares y determinantes de la vida vegetal. Es, en esencia, el esqueleto de las plantas, pero un esqueleto flexible, dinámico y vivo. No se trata de una barrera inerte que separa a la célula del mundo exterior, sino de una red compleja que integra funciones mecánicas, fisiológicas y comunicativas. Gracias a su existencia, las plantas han podido colonizar la tierra, elevarse hacia la luz y construir tejidos tan sofisticados como la madera, la cual constituye uno de los materiales biológicos más resistentes y estéticamente valiosos del planeta.

Estructura general de la pared celular

Cada célula vegetal está rodeada por una pared que le da forma y protección. En las células jóvenes, esta envoltura se llama **pared primaria**, y su característica más notable es la plasticidad. Está compuesta principalmente por **celulosa**, **hemicelulosas** y **pectinas**, una tríada que confiere tanto ri-

gidez como elasticidad. Las **microfibrillas de celulosa**, largas cadenas lineales de glucosa unidas por enlaces $\beta(1-4)$, forman el armazón básico. Estas microfibrillas se asocian entre sí mediante puentes de hidrógeno, creando haces altamente ordenados que resisten la tensión mecánica.

Entre las microfibrillas se insertan las **hemicelulosas**, como el xiloglucano o el arabinoxilano, que funcionan como «pegamentos moleculares» que enlazan la red de celulosa. Las **pectinas**, por su parte, son polisacáridos más complejos y ramificados (como el ácido galacturónico) que confieren la capacidad de retener agua y mantener la porosidad de la pared. Esta combinación —una red tensa de celulosa inmersa en una matriz hidratada de pectinas— permite que las células crezcan sin romperse, un equilibrio entre rigidez y plasticidad que define la vida vegetal.

La pared celular no es un muro estático; está constantemente remodelándose mediante proteínas como las **expansinas** y las **glicosiltransferasas**, **pectinmetilesterasas**, **xilanasas** y **celulasas** —una gran cantidad de enzimas que actúan sobre carbohidratos conocidas como CAZymas— que modifican su composición y permiten la expansión o endurecimiento, según las necesidades del tejido. Además, en la superficie interna de la pared, se insertan **proteínas estructurales**, como las **arabinogalactano-proteínas (AGPs)** o las **fasciclinas**



(FLAs), que participan en la adhesión celular y en la señalización entre células.

La pared secundaria: el origen de la madera

Cuando una célula vegetal termina de crecer, deja de necesitar una pared elástica y comienza a reforzarla. Entonces, forma una **pared secundaria**, más gruesa y altamente organizada, que es la base de la **madera**. Esta estructura se deposita hacia el interior de la pared primaria y puede representar hasta el 90 % del volumen celular en los tejidos leñosos.

La pared secundaria está compuesta principalmente por **celulosa, hemicelulosas y lignina**, aunque en proporciones muy distintas. La **celulosa** se organiza en microfibrillas aún más alineadas y compactas, lo que confiere una resistencia extraordinaria. Las **hemicelulosas**, predominantes en este caso, son las **xilanas** y **glucomananos** que interactúan estrechamente con las microfibrillas y les proporcionan estabilidad. Pero el elemento decisivo es la **lignina**, un polímero aromático tridimensional que impregna la matriz y la hace hidrofóbica y rígida.

A diferencia de la celulosa (un polímero lineal bien ordenado), la lignina es **altamente irregular y ramificada**. Esta estructura amorfa hace que la lignina sea **químicamente muy resistente** a la hidrólisis y al ataque microbiano.

La **lignificación** es el proceso que transforma una pared vegetal ordinaria en un material leñoso. La lignina se forma a partir de la **polimerización de alcoholes cinámicos** —coniferílico, sinapílico y p-cumarílico— derivados del aminoácido fenilalanina a través de la ruta de los fenilpropanoides. Estos monómeros, conocidos como **monolignoles**,

se oxidan mediante peroxidasas, generando radicales libres que se enlazan al azar en una red compleja y amorfa. El resultado es una matriz extremadamente resistente a la compresión, al ataque microbiano y a la degradación química. En otras palabras, **la lignina convierte al tejido vegetal en madera**.

Anatomía y formación del xilema leñoso

La madera no es un tejido homogéneo; es el **xilema secundario** producido por el **cámbium vascular**, un anillo de células meristemáticas que, cada año, genera nuevas capas hacia el interior del tallo. Las células del xilema se diferencian en varios tipos: **traqueidas, vasos, fibras y parénquima leñoso**, cada uno con funciones y características específicas.

Las traqueidas son células alargadas con extremos afilados y paredes muy lignificadas que permiten el transporte de agua y sostén mecánico.

Los vasos —propios de las angiospermas— son tubos formados por la unión de múltiples células muertas llamadas elementos de vaso, cuyas paredes transversales se disuelven para permitir el flujo continuo del agua.

Las fibras aportan resistencia mecánica y rigidez.

El parénquima leñoso mantiene funciones metabólicas, almacenamiento y reparación del tejido.

Con el paso del tiempo, la actividad del cámbium origina los **anillos de crecimiento** visibles en los troncos, donde se alternan zonas de madera temprana (más porosa y ligera, formada en primavera) y madera tardía (más densa y oscura, formada en otoño). Este patrón no solo registra la edad del árbol, sino también su historia climática y ecológica.

- **De célula viva a material funcional**

Durante la lignificación, las células del xilema mueren de manera programada, dejando tras de sí un armazón hueco y resistente. Este fenómeno de **muerte celular programada** no es una pérdida, sino una estrategia evolutiva: las células sacrifican su vida individual para construir un sistema colectivo que asegura el transporte de agua y la integridad estructural del árbol.

La combinación entre el almacén de celulosa, la matriz de hemicelulosas y el relleno lignificado da lugar a un **material compuesto natural** de una eficiencia asombrosa. La madera soporta cargas elevadas, tiene baja densidad, aísla térmica y acústicamente, y almacena carbono atmosférico en cada molécula de su lignina. Desde una perspectiva biofísica, puede considerarse un biomaterial inteligente, producto de millones de años de evolución.

Perspectivas científicas y tecnológicas

El conocimiento actual sobre la pared celular y la lignificación ha avanzado gracias a la biología molecular, la proteómica y la bioingeniería. Hoy sabemos que la formación de la pared secundaria está controlada por **redes de genes maestros** como los **MYB, NAC y HD-ZIP III** que coordinan la síntesis de celulosa, hemicelulosas y lignina. Estos genes funcionan como interruptores que determinan cuándo y dónde una célula se volverá leñosa.

La comprensión de estos mecanismos ha abierto la puerta a la **bioingeniería de maderas** con propiedades específicas: maderas más ligeras, más flexibles o con menor contenido de lignina para facilitar su uso en biorefinerías. También se exploran procesos para **imitar la lignificación** en materiales sintéticos o **cultivar madera *in vitro*** sin necesidad de talar árboles. La frontera entre biología, ingeniería y diseño se difumina, anunciando una nueva era de materiales inspirados en la naturaleza.

La madera como memoria biológica

Cada trozo de madera es, en cierto modo, una biografía. En sus anillos y fibras quedan registradas las condiciones de luz, agua, temperatura y nutrientes que experimentó el árbol. Su estructura interna narra las tensiones y adaptaciones de una vida entera. Por eso, al estudiar la pared celular y su transformación en madera, no solo se

comprende un proceso bioquímico, sino también una narrativa ecológica y evolutiva.

En la escala microscópica, la madera es una sinfonía de moléculas que cooperan; en la escala macroscópica, es un testimonio de cómo la vida transforma la materia para sostenerse a sí misma; mientras que en la escala humana, sigue siendo fuente de inspiración, refugio y belleza.

Epílogo

La pared celular vegetal representa una de las máximas expresiones del diseño biológico: una estructura que combina ligereza, resistencia y capacidad de autorreparación. La madera, como producto final de esa ingeniería natural, simboliza el punto de encuentro entre la biología y la cultura. En ella convergen la lógica molecular y la emoción estética. Comprender cómo se forma no solo nos permite apreciar su complejidad, sino también imaginar nuevas formas de construir, crear y habitar el mundo.

El futuro de la arquitectura, de los materiales y de la sostenibilidad podría estar, una vez más, en las paredes microscópicas de las células vegetales.



ARTÍCULO DE PORTADA

El futuro de la obtención de compuestos vegetales

Alejandra Hernández-García y Rafael Salgado-Garciglia





<https://pixabay.com/es/photos/especias-frascos-hierbas-2548653/>



Extractos y compuestos producidos por las plantas. Imagen creada por IA. Gemini.com

Resumen

El cultivo *in vitro* de células, brotes y plántulas es una herramienta biotecnológica para la producción de metabolitos secundarios. Con esta técnica se obtiene la síntesis de compuestos bioactivos de alto valor, como alcaloides, terpenos y fenoles, de manera sostenible y sin depender de las condiciones ambientales o de la recolección masiva de plantas silvestres. Se aplican diversas estrategias para optimizar la producción, como el mejoramiento genético y la toma en cuenta de los factores bióticos y abióticos a los que se enfrentan las plantas, como el uso de elicitores para estimular las rutas metabólicas, la modificación de parámetros de crecimiento como nutrientes, pH, luz y temperatura. Estos compuestos pueden aplicarse en las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética.

Palabras clave: Compuestos vegetales, cultivos celulares, sobreproducción.

RECIBIDO: 05/02/2025; ACEPTADO: 18/07/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Hoy en día, las noticias del **cambio climático** y del **cambio de uso de suelo** —por el crecimiento de las ciudades, para la generación de alimentos y de productos para nuestro consumo— nos indican que son los **principales factores que llevan a la desaparición de varias especies vegetales**, o al menos, a la disminución de sus poblaciones. Además, actualmente **existe la sobreexplotación de muchas plantas**, fuente de compuestos que son denominados metabolitos secundarios, los cuales son utilizados por diversas industrias como aromatizantes, saborizantes, colorantes, agroquímicos y para la fabricación de medicamentos, o simplemente los usamos cotidianamente en casa, por ejemplo, cuando hacemos una infusión o un ungüento.

Aunque las plantas que nos proporcionan estos compuestos con fines alimentarios, medicinales o industriales son cultivadas, como las frutas, verduras, granos y plantas medicinales comunes, **una parte significativa de ellos se sigue obteniendo de plantas silvestres o de la recolección en la naturaleza**, lo cual no asegura el abastecimiento regional y mucho menos el nacional. Además, muchas de estas plantas **presentan un desarrollo anual por pocos meses**, ya que después de florecer, mueren. Aunado a ello, existen factores muy importantes relacionados con la síntesis de los metabolitos secundarios, debido a que su cantidad **depende del clima** (temperatura, humedad, cantidad e intensidad de luz solar), del suelo (agua, nutrientes, pH, sequía, salinidad, etc.), **de la altitud y latitud**, así como de la **interacción con otros organismos**, ya sean benéficos o patógenos.

Factores que modulan la síntesis de compuestos vegetales

Es bien sabido que el contenido de metabo-

litos secundarios no es igual en plantas de menta cultivadas en pleno sol que en sombra, puesto que hay diferencias no solo en la cantidad, sino en la composición de sus compuestos aromáticos como el mentol. Con este ejemplo, es claro que **la intensidad y la calidad de la luz son factores cruciales que influyen en la biosíntesis de los metabolitos secundarios en las plantas**, incluidos los que componen principalmente a los aceites esenciales, como los terpenos y los fenólicos.

Así, podemos mencionarte distintos ejemplos en los que se han reportado diferencias en la cantidad y en la composición de este tipo de compuestos, en plantas que se cultivan a nivel del mar o en altitudes como la de la Ciudad de México, o que se cultivan en nuestro país o en otro lugar del mundo, o en suelos semiáridos o en un bosque tropical.

La producción y la composición **varían también durante el año**, ya sea por las estaciones o por la fenología de las plantas; **la mayoría de ellas producen más cuando están en etapa reproductiva** (floración), aunque hay excepciones como el



Productos derivados de plantas. Imagen creada por IA. Gemini.com



Imagen creada por IA. Gemini.com

té verde (*Camellia sinensis*) que acumula un mayor contenido de metabolitos secundarios cuando la planta permanece en estado vegetativo (sin florecer). **A estos factores se les conoce como abióticos**, porque se refieren a cualquier componente no vivo, físico o químico, del entorno que afecta la vida, el crecimiento, el desarrollo y la supervivencia de la planta.

Otro factor que influye en la síntesis de estos metabolitos es la **interacción que existe entre las plantas y los organismos patógenos**, ya que esta ocurre como un mecanismo de defensa para protegerse de herbívoros, insectos, bacterias y hongos, repeliendo, inhibiendo su crecimiento o matándolos. **Este factor es conocido como biótico**, con el cual las plantas pueden sintetizar los metabolitos de defensa en forma constante (constitutiva) o solo cuando estas se ven atacadas (inducible).

¿Qué metabolitos secundarios producen las plantas?

Los **metabolitos secundarios** que producen las plantas se agrupan de forma general en **terpe-**

nos, fenólicos y alcaloides, que en conjunto podrían ser cientos de miles de compuestos. Estos se sintetizan mediante tres vías metabólicas, las cuales pueden entrecruzarse entre sí, permitiendo que las plantas produzcan estos miles de compuestos y lo cual dependerá de la familia vegetal, del género e incluso de una especie.

Algunos ejemplos de este tipo de metabolitos son el paclitaxel (Taxol®), agente anticanceroso que se asocia casi exclusivamente con el género *Taxus*, particularmente de la corteza del Tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*); otro es el esteviósido, responsable del sabor dulce de las hojas de estevia (*Stevia rebaudiana*), que puede ser producido por plantas relacionadas, aunque son de otro tipo de glucósidos de estevioli; y, están también la morfina y los cannabinoides, el primero casi exclusivo del opio (*Papaver somniferum*) y los últimos característicos de la planta de cannabis (*Cannabis sativa*), aunque se han reportado trazas o compuestos relacionados en otras plantas.

Función de los metabolitos secundarios en las

plantas y su uso

Ya hemos visto que los metabolitos secundarios vegetales tienen gran importancia por las complejas interacciones ecológicas entre las plantas y su entorno, frente a los factores bióticos y abióticos que naturalmente ocurren, y por las propiedades biológicas activas que nos brindan a los humanos. **Algunos metabolitos secundarios son amargos, astringentes, repulsivos o tóxicos para sus patógenos herbívoros; otros presentan actividad antimicrobiana contra bacterias y hongos, antiviral y nematocida;** muchos protegen a las plantas del daño de la radiación ultravioleta y ayudan a mitigar los efectos de temperaturas extremas, salinidad y sequía, actuando como antioxidantes para neutralizar radicales libres o regulando la presión osmótica; no debemos de dejar de mencionar a los metabolitos secundarios que tienen la función de atraer polinizadores, como los pigmentos de las flores y los compuestos volátiles, que atraen a insectos y otros animales para la polinización, lo cual es crucial para la reproducción de las plantas; **también para asegurar la dispersión de semillas;** para participar en la comunicación con otras plantas o con microorganismos del suelo (simbiosis);

para competir, inhibiendo el crecimiento de plantas cercanas; y también, para atraer a depredadores o parasitoides que atacan al herbívoro que las está dañando (defensa indirecta).

Los metabolitos secundarios vegetales tienen una infinidad de usos, muchos de los cuales han sido documentados desde hace milenios por la utilización de las plantas en la medicina tradicional de los pueblos del mundo, y por el conocimiento actual que tenemos por su función en las plantas, principalmente la de actuar como antioxidantes. **El uso más conocido es en la medicina y en la farmacología,** ya que, en los últimos 75 años, importantes medicamentos eficaces provienen o se basan en metabolitos secundarios de plantas, con **propiedad analgésica y sedante** (morfina), **supresores de la tos** (codeína), **anticancerosos** (paclitaxel, vinblastina y vincristina), **antimaláricos** (quinina y artemisinina), **cardiotónicos** (digoxina), **hepatoprotector** (silibinina) y **antiinflamatorios** (curcumina), entre otros.

Algunos metabolitos secundarios son **utilizados en la agricultura,** sobre todo aquellos que funcionan en la defensa vegetal, **por su actividad insecticida** (piretrinas, rotenona y azadiractina),



Cultivos celulares vegetales en suspensión para la producción de metabolitos secundarios. Imagen creada por IA. Gemini.com

herbicida y como bioestimulantes. En la **industria alimentaria y de bebidas**, se utilizan compuestos como saborizantes (vainilla y capsaicina) o por su aroma (mentol, eugenol, gingerol, entre otros), como colorantes (antocianinas y carotenoides), edulcorantes (esteviósido) y como conservantes y antioxidantes que prolongan la vida útil de los alimentos (ácidos fenólicos y polifenoles). También se usan **en la cosmética y perfumería**, debido a que diversos extractos de plantas contienen metabolitos secundarios requeridos para la elaboración de productos de belleza y fragancias, como los aceites esenciales (terpenos), compuestos anti-vejecimiento, como protectores solares y calmantes para la piel (flavonoides y polifenoles).

Los pigmentos y las fibras de origen vegetal históricamente se han utilizado **en las industrias textiles y de tintes**, como el índigo (*Indigofera tinctoria*) que proporciona el color azul, la curcumina (*Curcuma longa*) usada como colorante amarillo, y la henna (*Lawsonia inermis*) para tonos rojizos.

Con técnicas modernas, ¿cómo lograr el abastecimiento de estos compuestos?

En la actualidad, con investigaciones que involucran técnicas modernas, **se siguen explorando nuevas aplicaciones de los metabolitos secundarios**, desde la bioprospección en plantas no estudiadas hasta la ingeniería metabólica para producir estos compuestos de manera más sostenible y eficiente. Con la química verde y la biotecnología, en este siglo se vislumbran avances en la producción de compuestos vegetales, sin requerir del cultivo tradicional de plantas ni de la recolecta de plantas silvestres, ampliamente explotadas; nos referimos al **cultivo de tejidos vegetales**.

Cultivo de tejidos vegetales, una breve historia

El **cultivo de tejidos vegetales, o cultivos *in vitro* de plantas**, es una herramienta de la biotecnología vegetal moderna que, aunque inició a principios del siglo XX, se desarrolló hasta la década de 1960. Esta **se basa en el cultivo de partes de la**

planta (hojas, tallos, yemas, semillas o embriones cigóticos) en **condiciones óptimas de luz y temperatura**, y en medios ricos en nutrientes y preparados en frascos que les permiten desarrollarse en condiciones asépticas, libres de microorganismos.

Sus **principales aplicaciones son la micropropagación**, con la que se producen miles de plantas en poco espacio y tiempo (clonación vegetal); **la conservación *in vitro***, con la cual se mantienen bancos de germoplasma en condiciones de cultivo



que reducen el crecimiento de los tejidos vegetales; y el **mejoramiento genético**, que mediante la selección de variante o mutantes, con la transformación genética o con las novedosas técnicas de edición genética (CRISPR-Cas9), se obtienen plantas con características únicas.

Pero pocos saben que, con esta herramienta, **es posible el cultivo de células** (suspensiones celulares y callos), **de tejidos u órganos** (brotes y

raíces) y de plántulas para estudiar la producción *in vitro* de metabolitos secundarios. Desde la década de 1960, se confirmó que en estos cultivos se producían o sintetizaban los principales metabolitos secundarios de las plantas (terpenos, fenoles y alcaloides), por lo que las investigaciones se encaminaron a estudiar las rutas de biosíntesis, sobre todo, con el cultivo de células en suspensión, células con una baja o sin diferenciación que se establecen y mantienen en medios de cultivo líquidos con



agitación orbital constante.

Aunque los reportes indicaron un gran éxito en la producción de numerosos compuestos secundarios de diversas plantas, **el desafío desde entonces ha sido producirlos en gran cantidad**, ya que la productividad generalmente es baja, debido a que existe una relación entre esta producción y el nivel de diferenciación celular. Para superar esto, **se desarrollaron investigaciones para mantener la**

estabilidad genética y bioquímica de los cultivos celulares, se diseñaron biorreactores para escalar la producción a nivel industrial, se han utilizado moléculas elicitoras o inductoras para estimular la sobreproducción y se han establecido cultivos de raíces y brotes, con o sin transformación genética, para lograr la acumulación de metabolitos secundarios que requieren de la diferenciación tisular.

Con 50 años de investigación en laboratorio, utilizando las estrategias antes mencionadas, se consiguió solo la sobreproducción de pocos metabolitos secundarios como la shikonina, pigmento rojo con propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas que se produce a partir de cultivos celulares de *Lithospermum erythrorhizon*; ginsengósidos, compuestos bioactivos del ginseng (*Panax ginseng* y otras especies); y el taxol, que aunque la fuente original y principal sigue siendo el árbol de tejo (*Taxus* spp.), la producción de paclitaxel en cultivos celulares de *Taxus* se usa como complemento para la síntesis química.

Y, aunque pareciera que, debido a esto, ya no se llevan a cabo estudios que demuestren una alta productividad en cultivos *in vitro*, en el presente siglo, varios grupos de investigación en todo el mundo continúan trabajando con el uso de la **biotecnología avanzada para establecer nuevos protocolos de producción de metabolitos secundarios vegetales.**

¿Es el futuro para la producción de los compuestos de plantas?

En las últimas dos décadas se ha avanzado en la **ingeniería metabólica**, con la identificación de genes específicos de las enzimas clave de las rutas metabólicas para sobreproducir los metabolitos secundarios vegetales, ya sea por transformación o edición genética (CRISPR-Cas9), la selección de líneas celulares con alta capacidad de producción, o bien con el establecimiento de cultivos *in vitro* con un alto potencial de manejarlos como **biofábricas celulares**, modificando las condiciones de cultivo como nutrientes, pH, luz y temperatura, o bien, adicionando precursores o compuestos elicitors, considerados como factores abióticos y bióticos.

Con investigaciones recientes, **se ha demostrado la sobreproducción de ciertos metabolitos secundarios vegetales** con el cultivo de células en suspensión, cultivo de callos, de brotes y de plántulas. Ejemplos son el paclitaxel, el ácido rosmarínico, los ginsenósidos, la azadiractina, los cardenólidos (glicósidos cardíacos), las hipericinas y pseudohi-

pericinas, antraquinonas, vincristina, vinblastina y artemisinina.

En resumen, **el cultivo de tejidos vegetales** en cualquiera de sus tipos **es una herramienta poderosa de la biotecnología vegetal** que nos muestra un futuro muy prometedor para la sobreproducción de los metabolitos secundarios vegetales, utilizando una forma sostenible y eficiente.



Alejandra Hernández-García. es profesora e investigadora del Instituto de Investigaciones Químico Bioló-

gicas, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Su área de especialización se centra en la Biotecnología Vegetal con estudios sobre la propagación y conservación de plantas, principalmente de interés e importancia forestal. Ha contribuido significativamente en el establecimiento de cultivos in vitro de tejidos vegetales, para el estudio de la producción de metabolitos secundarios con diferente actividad biológica.

alejandra.hernandez@umich.mx

Rafael Salgado Garciglia, es profesor e investigador del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Su área principal es la Biotecnología de Plantas, enfocándose en el estudio de metabolitos secundarios vegetales. Su investigación busca comprender y aplicar los compuestos naturales de las plantas, explorando sus propiedades medicinales y su potencial en el desarrollo de productos biotecnológicos innovadores para la salud, la agricultura y la industria alimentaria. Su labor es fundamental en la formación de recursos humanos de alto nivel y sobre la divulgación de la ciencia.

rafael.salgado@umich.mx



Arias-Zabala M., Angarita-Velásquez M.J., Aguirre-Cardona A.M., Restrepo-Flórez J.M. y Montoya-Vallejo C. (2009). Estrategias para incrementar la producción de metabolitos secundarios en cultivos de células vegetales. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*, 62(1), 4881-4895. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472009000100015&lng=en&tlng=es

García-Morales S. y León-Morales J. (2021). Uso de elicitores para incrementar la producción de metabolitos bioactivos en plantas. Capítulo 1 (pp. 1-13). En: *Topics of Biotechnological Tools for Agricultural Development*.

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. https://www.researchgate.net/publication/356784022_Uso_de_Elicitores_para_Incrementar_la_Produccion_de_Metabolitos_Bioactivos_en_Plantas_-_Use_of_Elicitors_to_Increase_Bioactive_Metabolites_Production_in_Plants

Tong W., Kerbler S.M., Fernie A.R. y Zhang Y. (2021). Plant cell cultures as heterologous bio-factories for secondary metabolite production. *Plant Communications*, 2(5), 100235. <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2590-3462%2821%2900137-1>

ARTÍCULO

Pastos nativos de zonas semiáridas: Recursos en riesgo

Jesús Emmanuel Ochoa-Lechuga y Santiago Joaquín-Cancino



Jesús Emmanuel Ochoa-Lechuga. Estudiante del Programa de Maestría en Ciencias Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

ochoalechuga122500@gmail.com

Santiago Joaquín-Cancino. Profesor e investigador de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

Resumen

En las zonas semiáridas de México existen diferentes especies de pastos nativos; algunos son importantes por su calidad nutricional y uso como forraje, como el pasto navajita azul, gigante, banderita y lobero, entre otros. Son considerados como la fuente primaria de alimentación para la ganadería, además de cumplir con un rol ecológico; sin embargo, las poblaciones de pastos han disminuido por causa del sobrepastoreo, la baja precipitación pluvial y por la introducción de especies de pastos no nativos, lo que trae como consecuencia la desestabilización de los ecosistemas semiáridos, la pérdida de especies y una baja en la producción ganadera.

Palabras clave: Forrajes, pastos nativos, zonas semiáridas.

RECIBIDO: 03/07/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Pastos nativos forrajeros de mayor importancia

Existen diferentes **especies de pastos** adaptados a las condiciones de un lugar determinado, con tolerancia a temperaturas máximas y mínimas durante su desarrollo vegetativo; además, soportan condiciones de sobrepastoreo, por lo que se considera la **fuentes de alimentación del ganado**.

Los **pastos de mayor importancia** forrajera, que están siendo afectados en las zonas semiáridas de México, son: **zacate banderita** (*Bouteloua curtipendula*), **zacate navajita** (*Bouteloua gracilis*), **zacate búfalo** (*Bouteloua dactyloides*), **zacate lobero** (*Lycurus phleoides*), **navajita simple** (*Bouteloua hirsuta*) y **zacate gigante** (*Leptochloa dubia*). Estas especies presentan cantidades suficientes de nutrientes para mantener al ganado en una condición estable a pesar de la sequía; además, algunos, como *B. curtipendula*, tienen la capacidad de disminuir lentamente sus características nutrimentales aun cuando se encuentran completamente secas, a diferencia de otros pastos, cuya calidad nutricional comienza a disminuir desde el inicio de este proceso.

Problemática que enfrentan los pastos nativos

Desde el inicio de la ganadería, la **pérdida total o la disminución de diferentes pastos nativos** en las zonas semiáridas se ha debido a problemas causados, principalmente, por factores como **el sobrepastoreo y la sequía**.

- **Sobrepastoreo.** Este es el principal problema que causa la pérdida de especies nativas, ya que **los productores no tienen un plan de manejo para realizar el pastoreo controlado** que permita el rebrote de los pastos. La carga animal no se considera y rebasa los límites de la disponibilidad de forraje del agostadero; además, el productor pastorea a su ganado cuando el pasto se encuentra en las primeras etapas de crecimiento, donde no cuenta con las reservas de nutrientes necesarias; por ende, el ganado al consumirlo puede provocar la eliminación completa de las plantas.
- **Sequías.** Los pastos nativos de estas zonas semiáridas requieren poca cantidad de agua para



ga.



Vacas bajo pastoreo en zonas semiáridas. Fotografía: J.E. Ochoa-Lechuga

un adecuado desarrollo; sin embargo, aunque son bajas las cantidades necesarias, a menudo no se encuentra disponible por las escasas lluvias durante el año. La sequía, además de no permitir un rebrote favorable, también repercute en la semilla disponible en el suelo, donde se reduce más del 50 % de su germinación; aún después de que estos hayan germinado e iniciado su desarrollo, algunos pastos no alcanzan la madurez de manera adecuada por la falta de agua en las primeras etapas de crecimiento.

La precipitación influye directamente en la calidad nutricional de los pastos: a mayor humedad en el suelo, mejor será la calidad de los pastos; por ende, aumentará la producción ganadera.

Especies introducidas: Un problema disfrazado

Al hablar de **especies introducidas**, se hace referencia a **todas aquellas especies de pastos que provienen de otras regiones distintas al área o al país**. En algunos lugares de México donde se han introducido, se consideran como una fuente más de

alimento para el ganado por su rápido crecimiento, dentro de los cuales se encuentra el pasto Buffel (*Pennisetum ciliare*), el cual cuenta con alto porcentaje de germinación en comparación con algunas especies nativas, ya que es mayor de un 20 % a un 30 %, aproximadamente (estos porcentajes dependerán del manejo o de las condiciones en que se encuentren establecidos los pastos). Esto ha causado el **desplazamiento de los pastos nativos con rapidez y gran facilidad**, principalmente en zonas con altitudes desde 1 000 hasta 1 800 m, rango donde también se encuentran diferentes especies de pastos nativos.

La desventaja que presentan la mayoría de los pastos introducidos es que **tienen menor tolerancia a las bajas temperaturas y requieren mayor disponibilidad de agua**, por lo que, a mayores altitudes y en climas semiáridos, es difícil su establecimiento y persistencia. El establecimiento de una especie introducida **puede convertirse en un riesgo ecológico**, por lo que, ante un cambio en la temperatura, como el caso de una helada, existe la posibilidad de que estos pastos pierdan persistencia,

reflejado en suelo desnudo, lo cual, a su vez, repercutiría en la producción ganadera debido a la falta de alimento por ausencia de pastos nativos.

Importancia ecológica de los pastos nativos

En las zonas semiáridas los pastos nativos se consideran la **fuentes primaria de alimento en la actividad ganadera** extensiva; asimismo, desempeñan un papel fundamental en la **estabilidad ecológica**, por lo que están en constante interacción con distintos procesos, como los ciclos de nutrientes; además, **evitan la erosión**, ya que impiden que la radiación ingrese directamente al suelo, mantienen estable la biota (bacterias, hongos, entre otros organismos), regulan la pérdida de agua por evaporación, mejoran la infiltración, permitiendo la recarga de acuíferos, y sus sistemas de raíces **retienen al suelo**, disminuyendo el riesgo de pérdidas de nutrientes por lixiviación (transporte de nutrientes a través del agua a zonas donde las plantas no los tienen disponibles o de difícil acceso).

Asociación de pastos nativos con arbustos

Las **especies arbustivas** asociadas a los pastos nativos son **plantas que se convierten en un problema** a causa del sobrepastoreo, ya que, si disminuyen las poblaciones de pastos, disminuye la competencia por nutrientes y, de esa manera, las arbustivas ganan espacio dentro de un agostadero, lo cual **no permite el rebrote de los pastos**, causando el desplazamiento o pérdida total de estos.

Las plantas arbustivas deben estar bien distribuidas en un agostadero para permitir el desarrollo de los pastos, por lo que es conveniente que no haya más de un 50 % de arbustivas en relación con los pastos. **Se sugiere alrededor de un 60 % y un 70 % de disponibilidad de pasto y de un 30 % a un 40 % de arbustivas en el área donde se pretenda pastorear**, ya que esto permitirá que las poblaciones de los pastos nativos permanezcan en un agostadero.

Un manejo adecuado del pastoreo sobre los pastos nativos

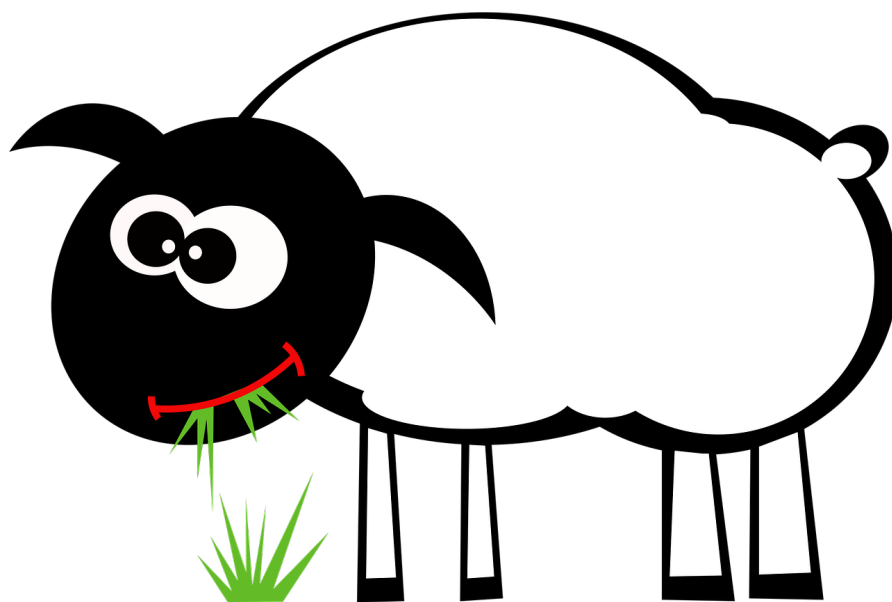


Especie arbustiva (*Acacia berlandieri*) en agostadero. Rancho El Capulín, Bustamante, Tamaulipas. Fotografía de J.E. Ochoa-Lechuga.

Para un adecuado manejo del pastoreo, con un enfoque de obtener mejores ganancias en la producción ganadera, **es recomendable saber qué especies de pastos son las aptas para un determinado lugar**, su disponibilidad, las proporciones, las condiciones y la distribución dentro del terreno o agostadero. Por otro lado, se **debe seleccionar el tipo de ganado y cantidad a pastorear**, sean ovinos, caprinos o bovinos, lo cual permitirá un mejor aprovechamiento de las especies forrajeras disponibles. Se **recomienda disminuir la intensidad de pastoreo durante el periodo de otoño-invierno y aumentarla en el periodo de primavera-verano**, debido a que son los meses donde los pastos nativos alcanzan su mayor producción.

¿Por qué disminuir el pastoreo en invierno?

En épocas de bajas temperaturas, **el desarrollo de los pastos es más lento**, por lo que un sobrepastoreo en otoño-invierno **puede afectar la persistencia de las especies disponibles**. El pastoreo con ganado caprino se recomienda cuando las poblaciones de pastos son bajas y existe mayor disponibilidad de arbustivas, ya que se ha reportado que estos enfocan más su alimentación en las especies arbustivas, manteniendo controladas las poblaciones existentes, a diferencia del ganado bovino, el cual tiene mayor preferencia por los pastos nativos. Además, si existe un consumo elevado de especies arbustivas (leguminosas), pueden causar efectos negativos en los bovinos, provocándoles timpanismo (acumulación excesiva de gases sin liberar).



Jurado-Guerra P., Velásquez-Martínez M., Sánchez-Gutiérrez R.A., Álvarez-Holguín A. Domínguez-Martínez P.A., Gutiérrez-Luna R., Garza-Cedillo R.D., Luna-Luna M. y Chávez-Ruiz M.G. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3), 261-285. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>

Ramírez G., Ramírez E., Barrera L.A. y Vázquez A. (2024).

Ecogeography and climate change in forage grasses from arid and semi-arid regions Mexico. *Grasses*, 3(2), 110-129. <https://doi.org/10.3390/grasses3020008>

Quero-Carrillo A.R., Miranda-Jiménez L. y Villanueva-Ávalos J. F. (2017). Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(3), 63-86. <https://www.redalyc.org/journal/837/83757423005/83757423005.pdf>

ARTÍCULO

Navegando hacia un futuro sostenible y de innovación con motores Otto

Luis Iván Domínguez-Molinar y Víctor M. Ambriz-Díaz



<https://pixabay.com/es/illustrations/sale-de-coche-coche-sostenible-5591446/>

Luis Iván Domínguez-Molinar. Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Tecnológico Nacional de México/I. T. Chihuahua. Chihuahua, México.

L20060071@chihuahua.tecnm.mx

Víctor M. Ambriz-Díaz. Profesor e investigador, Tecnológico Nacional de México/I. T. Chihuahua. Chihuahua, México.

victor.ad@chihuahua.tecnm.mx

Resumen

En el fascinante mundo de la tecnología automotriz, los motores Otto han sido los protagonistas durante más de un siglo. Desde su creación, estos motores han moldeado y revolucionado la forma de moverse por el mundo, adornando ciudades y carreteras en todo el planeta. Pero ahora, en la búsqueda de una movilidad más sostenible y eficiente, estos motores se enfrentan a un emocionante desafío: ¿Cómo es posible hacer que estos motores, ya impresionantes, sean aún mejores para el futuro? Este artículo te llevará por un viaje a través de las innovaciones tecnológicas en los motores Otto. Desde combustibles alternativos hasta las tecnologías que pueden reducir la huella de carbono del motor, cada avance nos acerca un paso más a un futuro limpio y sostenible.

Palabras clave: Automóviles, innovación tecnológica, motores, movilidad.

RECIBIDO: 20/06/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Combustibles innovadores para motores Otto ecológicos

En el emocionante mundo de la tecnología automotriz, la **búsqueda de motores más eficientes y ecológicos es una constante**. La investigación en combustibles está abriendo nuevas posibilidades para la movilidad sostenible. Es como abrir una nueva era de transporte, donde el medioambiente es el verdadero ganador. **Uno de los combustibles alternativos que está revolucionando la movilidad sostenible es el bioetanol**. Este biocombustible, derivado de plantas como el maíz, la caña de azúcar y otros materiales vegetales, se presenta como una solución prometedora para un futuro más verde. En motores Otto, el bioetanol puede ser utilizado con mezclas de gasolina. La mezcla más común y atractiva contiene un 10 % de etanol y un 90 % de gasolina.

También, el bioetanol comparte propiedades con otro interesante combustible alternativo llamado biometanol, pero **¿Qué es el biometanol?** El biometanol **es un tipo de metanol producido a partir de fuentes biológicas**, principalmente biomasa, residuos agrícolas, residuos forestales y otros materiales orgánicos. **El resultado es un combustible**

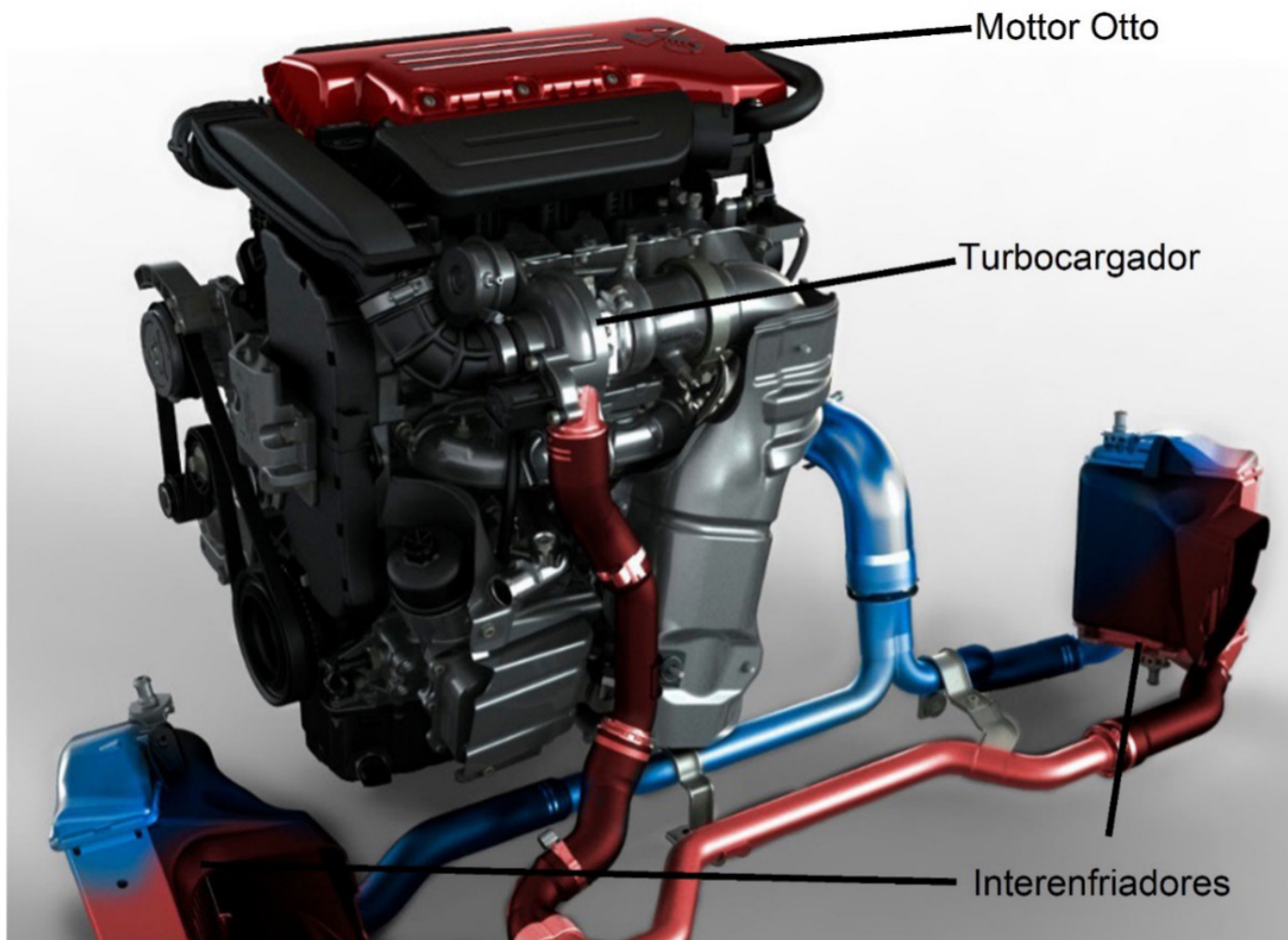
limpio y renovable que puede ser utilizado en motores Otto. Este interesante combustible puede ser utilizado ya sea en forma pura o mezclado con gasolina, ofreciendo una **alternativa más sostenible a los combustibles fósiles tradicionales**.

Otro combustible con menor huella de **carbono** utilizado en el fascinante mundo de los motores Otto **es el gas natural**. Aunque este combustible está basado en hidrocarburos, su combustión es relativamente limpia, lo cual **produce menos emisiones de bióxido de carbono y de otros contaminantes como óxidos de nitrógeno**. Los vehículos que utilizan gas natural comprimido son conocidos por su eficiencia y por tener un impacto ambiental significativamente menor.

Ahora, si bien el gas natural comprimido es una excelente opción de combustible alternativo, existe **otra opción** prometedora de combustible llamada **biogás**, pero **¿Qué es exactamente el biogás?** El biogás **es un tipo de biocombustible producido a partir de la descomposición anaeróbica de materia orgánica**, como residuos agrícolas, estiércol, residuos de alimentos y aguas residuales. El proceso es llevado a cabo por microorganismos que descomponen la materia orgánica, produciendo



<https://usaditoscars.com/que-son-los-biocombustibles/>



<https://x-engineer.org/turbocharging/>

do una mezcla de gases denominada biogás. El biogás puede brindar una **gran variedad de ventajas, como la sostenibilidad y la reducción de residuos**, ya que, al ser de una fuente renovable, también ayuda a gestionar los residuos orgánicos de manera eficiente.

La búsqueda de combustibles alternativos es una necesidad imperativa en la misión de combatir el cambio climático y de asegurar un futuro sostenible. Pero aparte de los combustibles, **¿cómo se puede perfeccionar el rumbo hacia un futuro sostenible?** La respuesta radica en las **innovaciones tecnológicas** que hacen más eficientes los motores que implementan los combustibles.

Motores Otto y sus tecnologías innovadoras rumbo a la sostenibilidad

Conforme se avanza a tiempos más modernos, las innovaciones tecnológicas cada día son más impresionantes, y el mundo de los motores Otto sostenibles no es la excepción. Una de estas innovaciones es **la hibridación**. La hibridación radica en la **sinergia entre el motor de combustión interna y el motor eléctrico**. Mientras que el mo-

tor de combustión interna proporciona la potencia necesaria para la conducción, el motor eléctrico entra en acción en situaciones de baja velocidad o durante la aceleración, reduciendo así la carga del motor de combustión interna y mejorando la eficiencia general del vehículo. Esta combinación inteligente permite una conducción suave y silenciosa, con una gran respuesta instantánea del acelerador y un menor consumo de combustible. Este avance ofrece **una mayor eficiencia y una reducción significativa de las emisiones**, preparándolos para una revolución en la forma en que se desplazan por el mundo.

Turbocargadores de geometría variable. Estos dispositivos, entusiastas del rendimiento, se están convirtiendo en una característica común en una amplia gama de vehículos, ofreciendo una combinación irresistible de potencia, eficiencia y emoción. Pero ¿Qué hace tener tantos beneficios a un turbocargador de geometría variable? La explicación se encuentra en la **sobrealimentación**. Imagina que tu motor es como un atleta que necesita más oxígeno para alcanzar su máximo potencial. La sobrealimentación es como darle al atleta un

tanque de oxígeno extra para que pueda correr más rápido y más lejos. En términos simples, la sobrealimentación aumenta la cantidad de aire que entra en los cilindros del motor, lo que permite una **combustión más completa del combustible** y, por lo tanto, una liberación de energía más potente.

Pero la sobrealimentación no se trata solo de potencia; también de eficiencia. Al aumentar la cantidad de aire comprimido en los cilindros, los motores sobrealimentados pueden quemar más combustible de manera más eficiente, lo que **se traduce en una mejor economía de combustible y menores emisiones de gases** de escape. Esto significa que pueden disfrutar de un rendimiento emocionante sin tener que sacrificar tu conciencia ambiental.

Compresores eléctricos. Otro significativo avance tecnológico reciente, que puede lograr una sobrealimentación, son los compresores eléctricos, los cuales son como pequeños magos bajo el capó. A diferencia de los compresores tradicionales que dependen de la energía del motor para funcionar, los compresores eléctricos **utilizan energía almacenada en la batería del vehículo**. Esto significa que pueden proporcionar una entrega de potencia

instantánea, incluso a bajas velocidades. Una de las ventajas de los compresores eléctricos es su capacidad de comprimir el aire que ingresa a los cilindros, sin sacrificar el consumo de combustible, lo que es una victoria tanto para el bolsillo del usuario como para el medioambiente. ¡Es como tener un impulso extra sin gastar más!

Desactivación de cilindros. Este es otro avance lleno de tecnología, ya que **permite que el motor dé un descanso a algunos de sus cilindros cuando no se necesita toda su potencia**, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. El concepto detrás de la desactivación de cilindros es bastante simple, pero sorprendentemente efectivo. Cuando se está conduciendo a velocidades constantes o bajas demandas de potencia, el sistema puede apagar temporalmente algunos de los cilindros. Esto significa que estos cilindros duermen, dejando de funcionar temporalmente, lo que **reduce la cantidad de combustible consumido**. Cuando los cilindros están inactivos, el motor vibra menos y produce menos ruido, lo que hace que el viaje sea más relajante y cómodo. Además, al reducir la carga sobre el motor, **se prolonga su vida útil**, lo que significa menos costos de mantenimiento a largo plazo. Esto es de gran utilidad, en especial para motores de gran tamaño,



<https://pixabay.com/es/photos/vw-auto-cl%c3%a1sico-autos-60s-van-2443114/>

como los famosos V8 que, al implementar esta innovación, buscan la eficiencia en el consumo de combustible de motores más pequeños al andar a bajas velocidades apagando cilindros y aprovechar la potencia «despertándolos» cuando lo amerita.

Sistema de apertura variable de válvulas.

Este sistema permite **eficientizar el consumo de combustible**, otorgando más potencia cuando es necesitada, sin afectar la sostenibilidad del motor y sin hacer un cambio en el tamaño de este, permitiendo motores pequeños, ligeros y eficientes. Los sistemas de apertura variable de válvulas son como los maestros de ceremonias en una orquesta, coordinando cada movimiento para lograr una interpretación perfecta. Estos sistemas **ajustan las válvulas del motor para maximizar la potencia y la eficiencia en diferentes situaciones de conducción**. Ya sea en una aceleración en una autopista o maniobrando en calles congestionadas. Estos sistemas garantizan que el motor responda de manera óptima en todo momento, proporcionando una experiencia de conducción suave y eficiente.

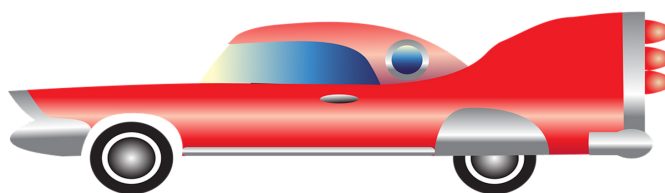
Sistema de ignición por plasma. Representa también un emocionante avance en la tecnología de motores de combustión interna. Al generar un plasma altamente reactivo en la cámara de combustión mediante un campo eléctrico de alta intensidad, **este sistema permite una combustión más rápida y completa del combustible**. Como resultado, también se logra una **mayor eficiencia en la conversión de energía** y una mejora signifi-

cativa en la potencia del motor. Esta innovación no solo promete un rendimiento excepcional, sino que también ofrece una experiencia de conducción más emocionante, dinámica y sostenible al aprovechar mejor el combustible con una chispa más poderosa.

Innovación más limpia

En resumen, estas innovaciones están impulsando un **cambio notable hacia un futuro más limpio, eficiente** y emocionante en nuestras carreteras. Cada avance tecnológico, desde los combustibles alternativos, los sistemas de apertura variable de válvulas y hasta el sistema de ignición por plasma, está contribuyendo a mejorar la sostenibilidad y el rendimiento de los vehículos.

La próxima vez que enciendas tu coche y sientas la emoción de ese rugido familiar del motor Otto, recuerda que detrás de esa magia hay una tecnología de encendido por chispa que está llevando tu viaje a un nuevo nivel de eficiencia, emoción y tecnología. ¡Prepárate para un viaje emocionante hacia un futuro más limpio y sostenible en la carretera!



Haro N. (2017). Desconexión de cilindros en el motor: ¿qué es y para qué sirve? *Auto Bild España. Motor Noticia*. <https://www.autobild.es/reportajes/desconexion-cilindros-motor-que-es-que-sirve-174144>

Bucio R.H. y Rico C.J.L. (2013). Los aceites vegetales como fuente de biodiésel. *Revista Saber Más*, 54(7), 8-12. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/ar>

[ticulos/54-numero-7/109-los-aceites-vegetales-como-fuente-de-biodiesel.html](https://www.sabermas.umich.mx/articulos/54-numero-7/109-los-aceites-vegetales-como-fuente-de-biodiesel.html)

Juárez M. (2023). Los autos convertidos a gas natural son cada vez más comunes en México, ¿es peligroso? ¿Basta con hacer la conversión o implica un trámite? ¿Vale la pena? *Motor Pasión México*. <https://www.motorpasion.com.mx/industria/conviene-convertir-a-gas-natural-mi-auto>

ARTÍCULO

La materia oscura o la nada: Título de mi película

Jorge Carlos García-Ramírez



<https://pixabay.com/es/fotos/galaxia-big-bang-explosi%3%b3n-espacio-11188/>

Resumen

Mi historia debe tener un principio, pero parece que la nada no lo tiene, ¿cómo le haré? Y también debe tener un final, pero parece que también es infinita. ¡Qué dilema! Creo que mi historia puede contar sobre las preguntas que se hacen los científicos para explicar cómo nace algo que explota y se le considera una maravilla.

Palabras clave:

RECIBIDO: 04/07/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Jorge Carlos García-Ramírez. Licenciado en Ciencias de la Comunicación, Maestro en Comunicación y Desarrollo.
jrgarcia@hotmail.com

He leído a algunos autores científicos sobre el origen del universo y todos hacen referencia al **Big Bang como la explosión de materia y energía que formó las galaxias, los cuásares, las estrellas y los planetas**. ¿Pero qué existía antes? ¿No era acaso el mismo universo, pero con una condición diferente? Busqué mucho y encontré información de cuando le llamaban «la nada», pero creo que ese término no gustó; en entrevistas escuché que «la nada» no existe, precisamente porque no es nada.

También he leído sobre el concepto de la «**materia oscura**», que antes pensaba que era lo mismo, pero no es así. Se plantea que la materia oscura y la energía oscura constituyen el 96 % de nuestro universo; sin embargo, **nadie sabe con certeza qué son**. Se les asignan nombres sin comprender plenamente su naturaleza.

Algo que me vuela la cabeza son las **enormes distancias que existen en el espacio**. Desde pequeño he visto maquetas del sistema solar hechas con bolas de unicel: el Sol aparece como una pelota de boliche y los planetas como pequeñas canicas, colocando al planeta más lejano, Plutón, a no más de un metro de distancia. Sin embargo, ya de adulto vi un documental, muy bien sustentado, en el que se reproducían las distancias de manera proporcional a las reales: considerando al Sol como una bola de boliche, Plutón se encontraba a varios kilómetros de distancia y el supuesto Sol ya no se distinguía a lo lejos. Evidentemente, una maqueta no podría construirse con esas proporciones.

Esto viene a colación por los enormes espacios que durante mucho tiempo consideré vacíos y que ahora quisiera representar en mi película.

Leí que un científico, Sorenson, señala que **la nada es un modelo de potencial, un espacio para que Dios cree un universo**. Al describir cómo se representa la nada, afirma: «¡Los agujeros de una esponja son ausencias de esponja! Los agujeros son lo

que hace que la esponja sea útil para absorber líquido. La esponja puede existir sin los agujeros, pero los agujeros no pueden “existir” sin la esponja».

Pero ¿la nada no es como el cero? **El número cero es un valor nulo**; tiene, literalmente, la forma de un agujero, pero ocupa un lugar único y esencial en la recta numérica. **Sin él**, no podríamos expresar números negativos y **gran parte del universo carecería de sentido**. Y luego está la nada anterior al *Big Bang*: la llamada «**energía de punto cero**», un término utilizado para explicar **la energía en estado de vacío**.

La teoría cuántica de campos afirma que vivimos en un universo de campos de energía que se extienden por todo el universo e interactúan entre sí, creando todo lo que vemos en el proceso; de hecho, formamos parte de estos campos. Sin embargo, entonces, ¿la nada es infinita o es de un tamaño que ni siquiera nos podemos imaginar y luego nos dicen que se expande y otros que se contrae?

Yo **creo que la materia oscura y la nada son como la matriz de una mujer**: deben existir para recibir el resultado de la gestación que culmina en la explosión del *Big Bang*. Sin embargo, no entiendo por qué existe tanto miedo a hablar de lo que había antes de esa explosión.



Imagen creada por IA. Gemini.google.com



Imagen creada por IA. Gemini.google.com

Me encantaría ver una película sobre lo que ocurría en el universo antes de ese momento. Y no me refiero al lado oscuro de la Luna ni al lado oscuro de *La guerra de las galaxias*. **El universo existe gracias a la materia oscura y a la nada**, y hoy alberga todas las maravillas del cosmos tal como lo conocemos.

Pero no quiero que sea una película aburrida, toda oscura y muda. Se trataría de preguntar **a quién se le ocurrió hacer el universo** para preparar lo que vendría después: la gestación de la gran energía y la materia, como una madre que prepara el camino para las fuerzas que le darían forma, como la gravedad, el electromagnetismo y otras que todavía no comprendo del todo.

He escuchado a muchos creyentes en Dios señalar que, si existe un orden, debe existir un ordenador. Pero **cuando solo existían la nada y la materia oscura, ¿también había un orden? ¿O la nada es Dios?** Al final, es la nada la que ha dado cabida a todo lo que existe ahora en el universo.

Me gusta mucho la historia del **nacimiento de Huitzilopochtli, de Coyolxauhqui y de los Cuatrocientos Surianos, que narra la gestación del Sol, la Luna y las estrellas en la cultura mexicana**. Coatlicue recibe una bola de plumas en su regazo y queda

preñada; Coyolxauhqui y sus hermanos, indignados por no conocer al padre, deciden matar a su madre. Desde el vientre, Huitzilopochtli le pide a Coatlicue que le vaya informando por dónde avanzan sus hermanos y, en el momento preciso, nace armado y con plena conciencia. Entonces desmembra a su hermana y da muerte a los Cuatrocientos Surianos. Con ese acto mítico nacen la Luna y las estrellas.

Podría utilizar este relato en la película; espero que los mexicanos me perdonen.

En la película, la nada y la materia oscura estarían representadas por Coatlicue; la gran energía,

por Huitzilopochtli; y Coyolxauhqui y los surianos serían desmembrados en el *Big Bang*. Claro que, en estos tiempos, ya no podemos señalar a Coatlicue de manera despectiva solo porque quedó preñada.

Necesito la ayuda de científicos a quienes les gusten **las historias y los cuentos de fantasía**. **¿Será posible que ambos mundos se junten?** Hay muchos escépticos que dudan de que la ciencia y la religión puedan dialogar. Yo busco a científicos que se pregunten por el origen del universo, pero que lo hagan con un poco de imaginación. Aunque creo que algunos fantasean con datos duros, pero ese es otro tema.

Bueno, mi historia deberá tener una protagonista; de lo contrario, podrían tacharme de misógino. Tal vez sé muy poco del universo, pero me gusta contar historias de personas valientes. Mi protagonista lo será, porque se dice que el dolor del parto es inmenso, aunque hoy muchas mujeres deciden no tener hijos. Me pregunto si, al hablar de Coatlicue y de las distintas vírgenes presentes en las religiones, **su experiencia del parto podría compararse con el gran Big Bang**. Pero ya me estoy alejando de mi historia.

Les pido a los científicos que escriben en esta revista que ayuden a mejorar mi historia. Conozco

poco sobre el tema y he encontrado muy poca bibliografía al respecto. **La nada y la materia oscura serán una madre en potencia que queda preñada** —quién sabe por quién— **y de la que nace un hijo hermoso como resultado del Big Bang.** El padre, sin embargo, es un desobligado, porque no volvemos a saber de él. ¿O será acaso que Dios, enojado, hace explotar la energía y la materia porque no han rezado lo suficiente y las expulsa del paraíso estelar? ¿O será, tal vez, un milagro que permite albergar después la vida a través de estrellas, planetas y la vida misma, creada a imagen y semejanza de Dios?

Otra vez estoy filosofando, pero es que los científicos no me han ayudado: están muy ocupados analizando los resultados del CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear), en Suiza. Qué curioso que hayan definido precisamente como la «partícula de Dios» al bosón de Higgs, descubierto gracias al Gran Colisionador de Hadrones.

Pero mi historia debe continuar. Huitzilopochtli está ataviado para la guerra; parece dispuesto a enfrentarse a los cuásares, a los hoyos negros y a cualquier fuerza que atraiga o devore la energía. Será una batalla épica. Un relato que tendrá elementos románticos y también imágenes un poco subidas de tono.

Me imagino a **los cometas como espermatozoides cósmicos, atraídos por los planetas,**

fecundándolos con ADN químico para formar la vida en los planetas. En esta parte, quizá los niños tendrían que taparse un poco los ojos; después de todo, siempre se nos advierte que un meteorito podría chocar con nuestro planeta y acabar con la vida tal como la conocemos.

Finalmente, me dijeron que en esta revista les gustan las críticas a las películas científicas, como *Interstellar*. Pero la nada se apodera de mi cerebro y ya no sé cómo continuar mi historia. Aun así, creo que podría seguir de esta manera:

«Hace muchos años —en realidad, millones de años— existía la nada, pero estaba muy sola. Ella misma decidió preñarse y creó una enorme cantidad de energía y materia. Pasó mucho tiempo, millones de años otra vez, y de esa gestación surgió una energía magnífica. Sin embargo, todo lo grandioso parece volverse incontrolable en algún momento, y entonces ocurrió la explosión. De ahí nacieron las galaxias y todo lo demás: estrellas, planetas y meteoritos, junto con fuerzas invisibles gracias a las cuales existe todo lo que conocemos. Así se creó el orden, pero también el desorden, porque uno no puede existir sin el otro. Y después, se produjo todo lo demás».

¿Algún científico de los que escriben en esta revista podría —o querría— ayudar a mejorar mi historia? Al final, es mi película.



Comisión Nacional para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres. (18 de marzo de 2016). <https://www.gob.mx/conavim/articulos/sabes-en-que-consiste-la-violencia-obstetrica>

García-Ramírez H.J, Almaguer-González A.J.A. y Vargas-Vite V. (2010). Violencia obstétrica: una forma del patriarcado en las instituciones de salud. *Género y Salud*

en Cifras, 8(3), 3-19. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/29347/ViolenciaObstetrica.pdf>

Sánchez O.A. (2001). *La violencia patriarcal contra las mujeres: una mirada retrospectiva*. Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Estudios de Género, Grupo Mujer y Sociedad / Corporación Casa de la Mujer de Bogotá. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53092>

ARTÍCULO

La tortilla y su disyuntiva en la actualidad

Alfonso Topete-Betancourt y Eunice Tranquilino-Rodríguez



<https://pixabay.com/es/photos/maiz-tortilla-comida-mexicano-5135234/>

Alfonso Topete-Betancourt. Posdoctorante en la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
topetealfonso219@gmail.com

Eunice Tranquilino-Rodríguez. Posdoctorante en la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
eunice.tranquilino@umich.mx

Resumen

Hace aproximadamente 3500 años a.C., los mayas desarrollaron la tecnología del proceso de nixtamalización utilizando cenizas, las cuales fueron reemplazadas con cal por los aztecas alrededor del año 1325 d.C. Las principales etapas para la obtención de una tortilla son la nixtamalización, la molienda, el troquelado y el cocimiento. Como alimento, la tortilla es fuente de aminoácidos, calcio, fibra y carbohidratos. Asimismo, debe presentar ciertos atributos de calidad, como el fácil enrollado, la suavidad al tacto, el olor, el sabor, la textura y la plasticidad. Se sabe que el uso de los maíces híbridos y el maíz transgénico ha afectado la biodiversidad de los maíces nativos.

Palabras clave: Maíz, nixtamalización, tortillas.

RECIBIDO: 27/06/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

La tortilla, esencia de nuestro origen

Con la información de arqueólogos especializados en civilizaciones prehispánicas y a las evidencias paleobotánicas, se menciona que la invención de la tortilla se llevó a cabo en el área de Teotihuacán, un milenio después del nacimiento de Cristo; de hecho, antes de que apareciera la tortilla que comemos prácticamente a diario, las mujeres ancestrales zapotecas de Oaxaca, en un horno de barro sin tapa y con brasas dentro, ya elaboraban productos muy similares a los actuales panes de maíz y totopos, palabra náhuatl *tla-xcal-totopochtli* (tortilla: *tla-xcalli*, tostado: *totopochtli*).

Ahora bien, para la obtención de la tortilla es necesario el proceso de nixtamalización, tecnología que se desarrolló hace aproximadamente 3500 años por los mayas, quienes utilizaban cenizas para elaborar productos a base de maíz. Posteriormente, entre los años 200 y 900 d.C., los aztecas sustituyeron las cenizas por la cal o hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ para la elaboración de pozole, y era tan importante su proceso de nixtamalización/masa «que visualizaron en una hormiga al dios Quetzalcóatl sacando de una grieta un grano de maíz y lo dio a la diosa Ciucóatl, quién la mo-

lió en un metate para que con la harina y sangre de los dioses, Quetzalcóatl hiciera a los primeros hombres, al igual que también tenían a su dios del maíz: Centeótl (*centli*: maíz; *teótl*: dios)».

Se cree que la invención de la tortilla tuvo como propósito alimentar a ejércitos como el tlaxcalteca y el azteca; no obstante, más allá de esta función, fue un elemento indispensable para el establecimiento y desarrollo de las civilizaciones mesoamericanas. La palabra tortilla, o *tla-xcalli* (*tla*: cosa; *ixa*: cocer u hornear), fue hispanizada a partir del náhuatl como diminutivo de torta, entendida como «pan de maíz».

Tecnificación de la tortilla

La mediana tecnificación de la producción de tortilla inició hace aproximadamente 110 años con la invención de la tortilladora de aplastón. Posteriormente, hace unos 75 años, apareció la tortilladora semiautomática, que constaba únicamente de una banda transportadora. No obstante, podría considerarse que la industria de la tortilla nace formalmente en 1910, con el desarrollo de la máquina tortilladora equipada con cabezal de rodillos laminados y cortadores de alambre, aunque aún sin cocimiento interno.



Maíces criollos cultivados en Arantepacua de la meseta purépecha en el estado de Michoacán. Fotografías de Porfirio Montaña-Valdez.



Masas elaboradas con adición de almendras y salvado, otra con adición de chíya y alpiste, masa con espinacas y tortilla de espinacas. Elaboración propia.

No fue sino hasta **1915** cuando **apareció la primera máquina tortilladora con rodillos**, cabezal, banda transportadora y cocimiento interno, **muy similar a la que actualmente se observa en la tortillería de la esquina**. Además, como parte de este proceso de crecimiento, se desarrolló la **fabricación de harinas instantáneas**, cuya producción se formalizó hace apenas 50 años. Finalmente, el molino de piedras con el estilo de surcos en su superficie se desarrolló entre 1876 y 1902, derivado de incentivos del gobierno para sustituir el metate por una máquina.

En la evolución de lo que hoy es la tortilla, la mujer con su dedicación ha estado muy ligada al rendimiento, olor, sabor, contenido nutricional y desarrollo tecnológico. Cada una de las etapas de producción implica una explicación desde el punto de vista científico para comprender los cambios físicoquímicos, térmicos, mecánicos, bioquímicos, ecológicos, tecnológicos y sociales involucrados en la obtención de una tortilla. Las **principales etapas para la obtención de una tortilla son nixtamalización, molienda, troquelado y cocimiento**.

Tortilla: Acceso al valor nutrimental del maíz sin implicar obesidad

El maíz **tiene un bajo valor nutrimental**, ya que está constituido principalmente por almidón

y es **deficiente en aminoácidos** como la lisina y el triptófano, así como en niacina, una vitamina del complejo B que se produce a partir del triptófano. Sin embargo, es la **nixtamalización la que permite que la tortilla y otros productos derivados del maíz incrementen su valor nutrimental**.

Durante este **proceso**, las proteínas presentes en el **grano de maíz sufren cambios físicoquímicos que aumentan el valor nutrimental** del grano nixtamalizado. Entre estas proteínas se encuentra la zeína, que en condiciones alcalinas reduce su solubilidad y mejora su biodisponibilidad. A su vez, las proteínas glutelinas se solubilizan, lo que favorece la disponibilidad de aminoácidos esenciales y genera un aumento en el contenido de lisina, triptófano, isoleucina, leucina y niacina. Además, la **tortilla presenta un alto contenido de calcio** (170-212 mg/100 g), lo que contribuye a la prevención de enfermedades como la osteoporosis, entre otras.

En este contexto, los procesos de nixtamalización que en la actualidad existen son:

- Tradicional **con cal** (hidróxido de calcio).
- Clásico con **adición de cenizas** de madera.
- Ecológicos por preparación con **cloruro de calcio** (CaCl_2), acetato de calcio [$\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$] y carbonato de calcio (CaCO_3).
- Nixtamalización por **extrusor**.

- Nixtamalización con **aplicación de energías alternativas** como infrarrojo, microondas, ultrasonido, altas presiones.
- Nixtamalización en **frío** y **nixtamalización en seco**, métodos que están aún en etapa de investigación.

En relación con el tipo de maíz, hoy escuchamos términos como maíces transgénicos blancos o amarillos, híbridos, nativos o criollos. Unos son mejores que otros, con ventajas y propiedades, como mayores contenidos en proteína, fibra, carbohidratos, ácidos grasos saturados e insaturados y rendimientos de producción, mayores en relación con su contraparte. Sin embargo, **cada una de estas especies de granos cumple** o ha cumplido con su esencia: **alimentar a una sociedad que está en un proceso de evolución** con un comportamiento y necesidades únicas; por lo tanto, la industria de la nixtamalización y la tortilla debe tener la capacidad de adaptarse a la modernidad actual.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) reportó en

2011 que, **en México, el consumo diario promedio de tortilla** por habitante es de 336.8 gramos (equivalente a **aproximadamente 120 kg al año**). Esta cantidad aporta cerca de 1 042.6 kcal y 26.9 gramos de proteína a la dieta diaria, lo que representa más del doble de lo que se consume en otros países. Asimismo, los diferentes tipos de maíces contienen compuestos nutracéuticos bioactivos como los ácidos fenólicos, flavonoides, carotenoides, fibra, ácidos grasos insaturados (omegas), fosfolípidos y vitaminas que permanecen presentes en las tortillas, las que, por su consumo, podrían prevenir o disminuir la aparición de enfermedades crónico-degenerativas.

En la actualidad, con la finalidad de enriquecer el valor nutricional y funcional de la tortilla, **se le adicionan ingredientes como frijol, harina de soya, semillas de chía, nopal y harina de chapulín, entre otros**, sin que ello implique una alteración de sus propiedades de textura, olor y sabor. Por esta razón, es importante conocer lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NMX-F-046-SCFI-2018, la cual define las especificaciones fisicoquímicas de la



Cadena de transformación de maíz a tortilla: A, Proceso de nixtamalización; B, Transporte de masa en maletas; C, Máquina de tortilla de última generación; D, Máquina de tortilla de primera generación. Elaboración propia.

tortilla: un mínimo de 7 % de proteínas, un máximo de 3 % de cenizas, un mínimo de 3 % de grasa y un mínimo de 6 % de fibra dietética.

En la sociedad actual, la mayoría de las personas han desarrollado hábitos alimenticios inadecuados, así como un comportamiento sedentario que constituye un factor de riesgo para la obesidad y las enfermedades cardiovasculares provocadas por el exceso de grasas y de carbohidratos. **Desafortunadamente, la tortilla ha sido asociada a la generación de obesidad**, ya que uno de sus principales componentes es el almidón, el cual tiene un papel crucial en las características reológicas de la masa y la tortilla, pero no significa que, por contener este compuesto, el consumo de tortillas provoque obesidad; **debe considerarse el valor calórico del resto de los alimentos con los que se acompañan.**

Por esta razón, **el consumo de tortilla en las nuevas generaciones ha ido disminuyendo**, ya que dejó de considerarse un elemento de una dieta equilibrada y, por el contrario, se le ha colocado en el extremo opuesto. Aunado a ello, la aparición de términos como «tortillas piratas» contribuye a diluir la percepción de la tortilla como una fuente importante de proteínas, fibra, aminoácidos esenciales, ácidos grasos saturados e insaturados y antioxidantes, sin dejar de mencionar que también forma parte fundamental de nuestras raíces culturales.

En el país existe una **falta de regulación y de capacitación en la cadena de transformación de la tortilla**, lo que provoca la pérdida o degradación de compuestos, especialmente durante el proceso de nixtamalización. Además, la **escasa implementación de buenas prácticas de manufactura reduce su vida de anaquel** debido a una carga microbiana que se encuentra fuera de las especificaciones establecidas en la NOM-187-SSA1/SCFI-2002. Esta situación ha propiciado el **uso de conservadores sin la debida supervisión**, con el fin de prolongar la vida de anaquel de las tortillas, incluso sin refrigeración y por varios días.

Como puede apreciarse, la tortilla presenta múltiples matices a lo largo de su cadena productiva y, a pesar de ello, sigue estando presente en la mayoría de los hogares.



Muñoz-Ibarra A.I. y Carranza-Madrigal J. (2010). Perfil alimentario de una población rural de Michoacán y su asociación con obesidad, diabetes e hipertensión. *Medicina Interna de México*, 26, 24-30. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2010/mim101e.pdf>

Salinas M.Y., Aragón C.F., Ybarra M.C., Aguilar V.J., Altunlar L.B. y Sosa M.E. (2013). Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azulado/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 1, 23-31. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000100003&lng=es&tlng=es

ARTÍCULO

Los beneficios del ejercicio en nuestro cerebro

Luis Eduardo Álvarez-Aviña y Rocío del Carmen Montoya-Pérez



<https://www.bbc.com/mundo/noticias-64105011>

Luis Eduardo Álvarez Aviña. Estudiante de la Maestría en Ciencias en Biología Experimental, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 1630251g@umich.mx

Rocío del Carmen Montoya Pérez. Profesora e investigadora del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. rocio.montoya@umich.mx

Resumen

El ejercicio es una actividad que ha trascendido a lo largo del tiempo, no solo como una forma de recreación, sino también como un elemento clave para la salud integral del ser humano. Sus beneficios son amplios y van más allá del aspecto físico, ya que contribuye a la prevención de afecciones como las enfermedades cardiovasculares, la obesidad y la diabetes. Además, el ejercicio es un poderoso aliado para optimizar las funciones cerebrales y cognitivas, al favorecer el flujo sanguíneo y la oxigenación del cerebro y promover la liberación de neurotransmisores como las endorfinas, la dopamina y la serotonina. La actividad física mejora los procesos cognitivos asociados al aprendizaje y la memoria, y puede ser un apoyo importante frente a enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson, al contribuir a mantener saludables las neuronas y optimizar su funcionamiento.

Palabras clave: Cerebro, ejercicio, salud.

RECIBIDO: 28/07/2024; ACEPTADO: 13/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Ejercicio es salud

El **ejercicio** es una práctica que ha perdurado a lo largo de la historia humana, no solo como una actividad física recreativa, sino también como un **pilar esencial para la salud integral**. Desde los antiguos griegos hasta las civilizaciones contemporáneas, el ejercicio ha sido reconocido como un componente vital para el bienestar corporal.

En la actualidad, en un mundo cada vez más orientado hacia estilos de vida sedentarios, el **ejercicio emerge** no solo como una oportunidad para convivir con amigos, familiares o con uno mismo, sino también **como una necesidad para el cuidado de la salud**. No se trata únicamente de mantener una apariencia física estéticamente atractiva ni de seguir cánones de belleza corporal, y mucho menos de una moda; se trata de cuidar el organismo en su totalidad.

Los beneficios del ejercicio abarcan un espectro amplio y diverso que va más allá de la mera condición física. Al involucrarnos en actividades físicas regulares, desencadenamos una serie de **respuestas bioquímicas y fisiológicas** que impactan de manera positiva en los sistemas cardiovascular, muscular y metabólico, así como, de forma crucial, en la función cerebral. De este modo, el ejercicio se convierte en un **componente clave para la prevención de enfermedades cardiovasculares, la obesidad y la diabetes**, al tiempo que contribuye a me-

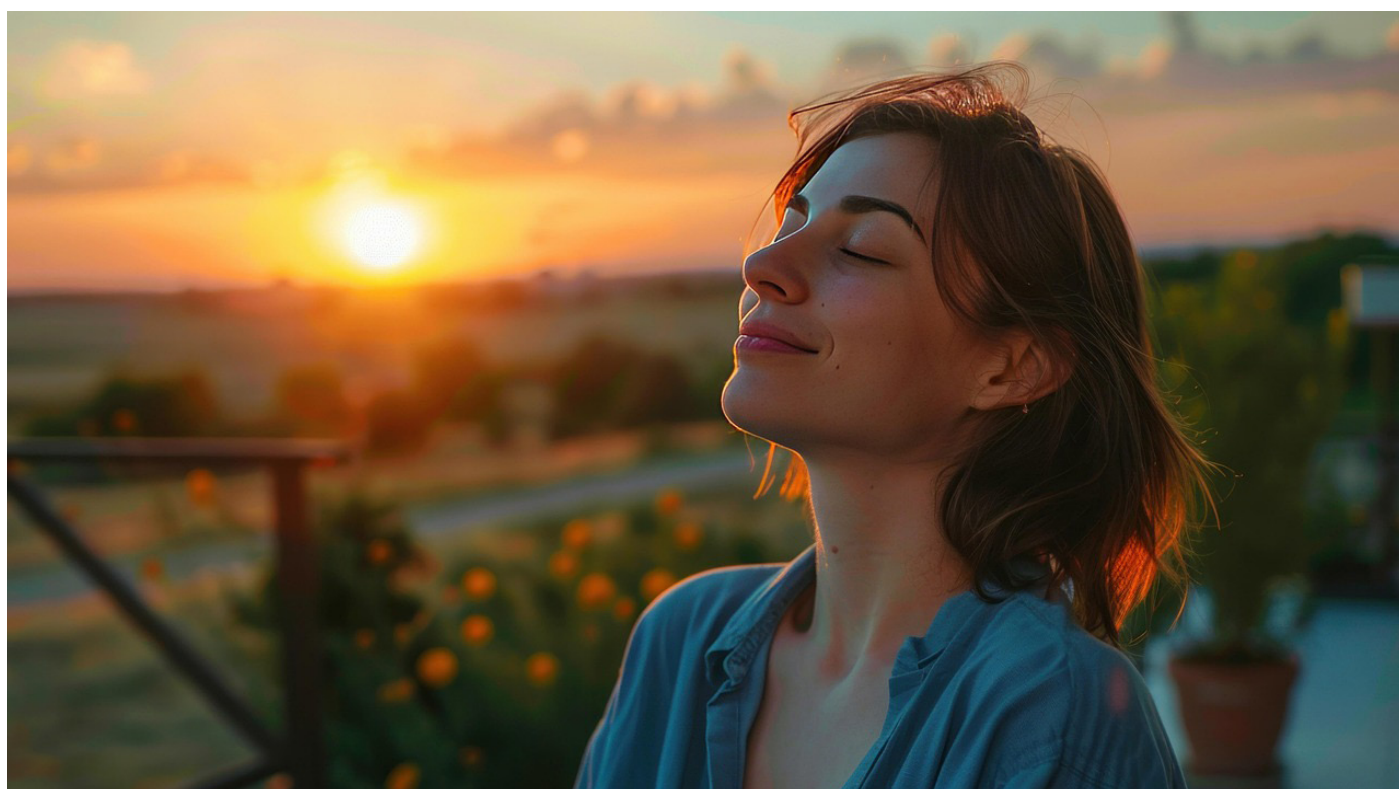
jorar la calidad de vida y la longevidad.

Sin embargo, su alcance va aún más lejos. La ciencia ha demostrado de manera contundente que el ejercicio es también un **potente aliado de la salud cerebral y cognitiva**: mejora el flujo sanguíneo y la oxigenación del cerebro, estimula el aprendizaje y la memoria, a la vez que favorece un funcionamiento cognitivo óptimo. Así, la práctica regular de ejercicio **no solo implica fortalecer los músculos, sino también nutrir la mente**, lo que permite afrontar los desafíos de la vida moderna con mayor vitalidad y claridad mental.

Por su parte, **el ejercicio es una actividad física planificada, estructurada y repetitiva** que implica el movimiento del cuerpo y el gasto de energía. Puede adoptar diversas formas, como **caminar, correr, nadar, levantar pesas o practicar deportes**. A diferencia de las actividades cotidianas o del movimiento casual, el ejercicio se realiza de manera intencionada, con una intensidad y duración específicas, con el objetivo de generar beneficios para la salud. Asimismo, **puede ser de baja, moderada o alta intensidad**, y llevarse a cabo en sesiones aisladas o como parte de un programa de entrenamiento regular.

Beneficios del ejercicio. ¿También beneficia al cerebro?

Los beneficios del ejercicio pueden obtenerse en diversos entornos, como gimnasios, parques,



<https://pixabay.com/es/illustrations/energ%C3%ada-calma-pueblo-oto%C3%B1o-yoga-8999608/>



<https://pixabay.com/es/photos/persona-hombre-mujer-gente-pareja-3553814/>

centros deportivos o incluso en el hogar, y puede practicarse de forma individual o en grupo. Además, **existen distintos tipos de ejercicio diseñados para atender objetivos específicos**, como el entrenamiento cardiovascular para mejorar la resistencia, el entrenamiento de fuerza para desarrollar músculos más fuertes y favorecer la hipertrofia, o el entrenamiento de flexibilidad para aumentar el rango de movimiento y promover la relajación muscular.

Independientemente del tipo de entrenamiento que se elija, **los beneficios del ejercicio regular están prácticamente garantizados**. Ya sea que se busque mejorar la condición física, perder peso, reducir el estrés o simplemente mantenerse activo, el ejercicio aporta numerosas ventajas tanto para el cuerpo como para la mente.

Durante el ejercicio físico, nuestro cuerpo experimenta un aumento en la demanda de oxígeno para los músculos activos. Esto desencadena una serie de **procesos que mejoran el suministro de oxígeno a todas las células del cuerpo**, incluidas las del cerebro. En primer lugar, el ritmo cardíaco se acelera, lo que permite que **el corazón bombee más sangre rica en oxígeno y nutrientes** a través de las arterias. Por otra parte, la respiración se vuelve más profunda y rápida, lo que **aumenta la cantidad de oxígeno que ingresa a los pulmones** y se difunde hacia la sangre. Esta mayor irrigación sanguínea y de oxigenación **beneficia directa-**

mente al cerebro, suministrándole los nutrientes y el oxígeno esencial que necesita para funcionar de manera óptima. Aunque el cerebro solo constituye el 2 % del peso total del cuerpo, utiliza alrededor del 20 % de la energía consumida por el organismo. Por esta razón, se ve particularmente favorecido por este aumento en el suministro de oxígeno.

El ejercicio también desencadena una verdadera fiesta química en el cerebro. Los neurotransmisores son mensajeros químicos que permiten la comunicación entre las neuronas, las asombrosas células cerebrales encargadas de procesar y transmitir información. Durante la actividad física, el cuerpo **libera una variedad de neurotransmisores que generan importantes beneficios**.

Por ejemplo, las **endorfinas**, conocidas como las «hormonas de la felicidad», actúan como analgésicos naturales, reducen la percepción del dolor y favorecen sensaciones de euforia y bienestar. La **dopamina** participa en las sensaciones de placer y motivación, por lo que suele denominarse el neurotransmisor de la recompensa. Por su parte, la serotonina, reguladora del estado de ánimo, contribuye a mantener la calma, mejorar la calidad del sueño, regular el apetito y promover una sensación general de bienestar.

Asimismo, el ejercicio desempeña un papel clave en la **regulación de los llamados «factores de crecimiento neurotrófico»**, moléculas que fo-

mentan el desarrollo y la supervivencia de las neuronas cerebrales. Uno de estos factores, el BDNF (Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro), ha demostrado tener un potencial terapéutico sorprendente contra enfermedades como la diabetes y la obesidad.

¡Imagina poder combatir estas condiciones simplemente con actividad física!

Diversas investigaciones han demostrado que el ejercicio puede aumentar los niveles de BDNF, **mejorando la sensibilidad a la insulina, reduciendo los niveles de azúcar en sangre y favoreciendo la pérdida de peso.** Incluso en pacientes con diabetes tipo 1, se ha observado un aumento significativo de BDNF en respuesta al ejercicio de intensidad moderada. Estos hallazgos son realmente emocionantes, ya que sugieren que **el ejercicio podría ser una herramienta poderosa** no solo para mantener un cerebro saludable, sino también **para prevenir y tratar potencialmente enfermedades crónicas** mediante mecanismos neurobiológicos.

El ejercicio incide en nuestra memoria y aprendizaje

Los beneficios que el ejercicio tiene para nuestro cerebro no paran aquí. La actividad física tiene un **impacto sorprendente en nuestra capacidad para aprender y recordar información.** El ejercicio puede potenciar una región específica del cerebro llamada **hipocampo**, lo que favorece el fortalecimiento de los circuitos neuronales existentes y facilita la adquisición y retención de nueva información. Como se mencionó anteriormente, durante la actividad física se produce una mejora del flujo sanguíneo cerebral, lo que incrementa el suministro de oxígeno a las neuronas, optimiza su funcionamiento y favorece los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje y la memoria.

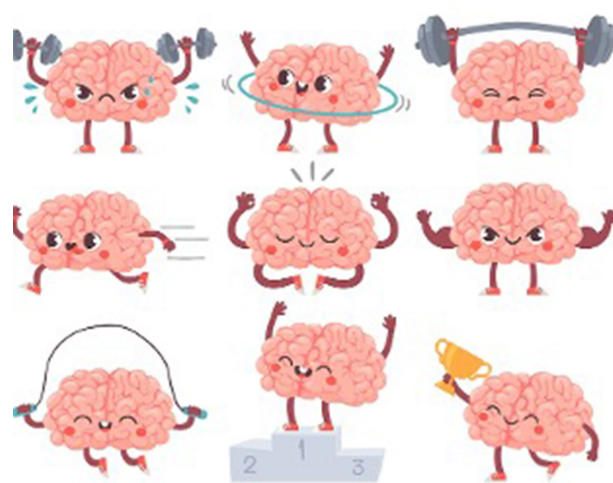
¿Un aliado en otras enfermedades?

Después de conocer los increíbles beneficios que el ejercicio tiene para nuestra cognición, memoria, aprendizaje y bienestar emocional, podría sorprendernos aún más el saber que **la actividad física puede ser una poderosa aliada contra terribles enfermedades, como el Alzheimer y el Parkinson.**

Imagina a tu cerebro como una ciudad en constante actividad, donde las neuronas son los habitantes y las conexiones entre ellas son las calles y avenidas. **En el Alzheimer**, la pérdida de neuronas ocasiona que estas «calles» comiencen a deteriorarse, dificultando la comunicación entre las neuronas. Pero **el ejercicio actúa como un equipo de mantenimiento que ayuda a contrarrestar y prevenir esta enfermedad.**

En el caso del **Parkinson**, el ejercicio es como un refuerzo para las neuronas encargadas de ayudar al movimiento muscular, las neuronas productoras de dopamina. Cuando estas neuronas comienzan a fallar, aparecen los síntomas motores; no obstante, **el ejercicio ayuda a mantener saludables a estas células y mejora su función.**

Las personas pueden tener un riesgo menor de desarrollar deterioro cognitivo y enfermedades neurodegenerativas en comparación con aquellas que llevan un estilo de vida sedentario. Así que no lo dudes más, **¡ejercítate! Tu cerebro te lo agradecerá.**



Acevedo-Triana C.A., Ávila-Campos J.E. y Cárdenas L.F. (2014). Efectos del ejercicio y la actividad motora sobre la estructura y función cerebral. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 15(1), 36-53. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexneu/rmn-2014/rmn141f.pdf>

Cotman C.W., Berchtold N.C. y Christie L.A. (2007). Exercise builds brain health: key roles of growth fac-

tor cascades and inflammation. *Trends in Neurosciences*, 30, 460-472. https://www.researchgate.net/publication/6075740_Exercise_Builds_Brain_Health_

Herrero L.B. y Ferradaz M.A.L. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 16(160), 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4503506>

ARTÍCULO

Sífilis: Problemas para adultos y consecuencias en niños

Abad Saldaña-Salazar y Néstor Casillas-Vega



<https://pixabay.com/es/photos/embarazada-mujer-maternidad-2568594/>

Abad Saldaña-Salazar. Estudiante de Médico Cirujano y Partero de la Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.

abad.saldanaszr@uanl.edu.mx

Néstor Casillas-Vega. Profesor e investigador, Departamento de Patología Clínica en el Hospital Universitario «Dr. José Eleuterio González», Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.

ncasillasv@uanl.edu.mx

Resumen

Las bacterias son consideradas los microorganismos más abundantes del planeta; por ello, vivimos en un mundo en el que están presentes en el aire que respiramos, en el agua que bebemos y en los alimentos que ingerimos. En muchos casos, podemos convivir con ellas sin repercusiones para la salud; sin embargo, existen situaciones en las que un contacto mínimo con bacterias patógenas puede provocar enfermedades que la afectan de manera severa. Entre estas enfermedades, la sífilis es la tercera infección de transmisión sexual (ITS) con mayor prevalencia a nivel mundial. Cada día, más de un millón de personas contraen una ITS, la mayoría de las cuales no presentan síntomas. Ante esta problemática, la principal estrategia para su combate es la prevención. **Palabras clave:** Bacterias, infecciones de transmisión sexual, prevención, sífilis.

RECIBIDO: 27/06/2024; ACEPTADO: 04/01/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Sífilis, una infección de transmisión sexual

Las **infecciones de transmisión sexual (ITS)** representan un importante **problema de salud pública**. Entre los diversos patógenos capaces de causar una ITS, destaca la bacteria *Treponema pallidum* (en la cual nos centraremos), agente etiológico de la sífilis, la cual es la segunda ITS de origen bacteriano **con mayor prevalencia a nivel mundial** y uno de los ocho patógenos responsables de ITS que cuentan con tratamiento curativo.

En lo que respecta a la región de las Américas, durante 2020 los países reportaron 29 147 casos de sífilis congénita. Asimismo, las cifras preliminares notificadas a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para 2021 indican **más de 30 000 casos de esta infección transmitida de la madre al hijo**.

Padres, el inicio del problema

La sífilis es una **enfermedad infecciosa** que se transmite principalmente **por contacto sexual con una persona infectada**. También **puede transmitirse de madre a hijo durante el embarazo si la madre está infectada**. Esta infección puede causar graves problemas de salud si no se trata de manera adecuada.

La sífilis se desarrolla en varias etapas. En su **fase inicial**, se forma una **úlceras indolora** en el sitio de entrada de la bacteria, como los genitales, el ano o la boca. Aunque esta lesión suele desaparecer por

sí sola, la bacteria permanece en el organismo y, si no se trata, puede provocar daños a largo plazo.

Si la infección progresa sin tratamiento, puede evolucionar a una **etapa secundaria**, caracterizada por síntomas como **erupciones cutáneas, úlceras en la boca o los genitales, fiebre y dolor articular**. Posteriormente, la sífilis puede entrar en una **fase latente**, en la que no se presentan síntomas, pero la bacteria continúa presente en el cuerpo; esta etapa **puede durar años sin causar manifestaciones clínicas**.

Sin embargo, si la enfermedad no se trata, puede avanzar a la **fase final**, conocida como sífilis terciaria, la cual puede afectar órganos vitales como el corazón, el cerebro y los huesos, ocasionando **daños graves y potencialmente mortales**.

El **tratamiento de la sífilis**, generalmente, implica el **uso de antibióticos** que pueden curar la infección si se administran a tiempo. Es crucial seguir las indicaciones médicas y completar el tratamiento para garantizar una cura y evitar complicaciones a largo plazo. Además, es fundamental **practicar sexo seguro y usar preservativos** para reducir el riesgo de contraer y transmitir sífilis y otras ITS.

La **sífilis congénita** se produce **cuando una mujer embarazada con la enfermedad la transmite a su bebé en desarrollo**, lo que puede resultar en problemas de salud graves para el recién naci-



<https://pixabay.com/es/photos/beb%C3%A9-pies-reci%C3%A9n-nacido-1867222/>



<https://pixabay.com/es/photos/amor-pareja-playa-besos-beso-3437355/>

do. La prevención, la detección temprana y el tratamiento adecuado son esenciales para proteger la salud sexual y reproductiva tanto de adultos como de recién nacidos.

Dentro y fuera del vientre, riesgos y complicaciones

Dentro del vientre, uno de los principales riesgos es la posibilidad de que el embarazo no llegue a término debido a diversas complicaciones que pueden afectar al feto. Entre estas se incluyen el aborto espontáneo, el parto prematuro y el retraso del crecimiento intrauterino, el cual se evalúa mediante escalas estándar establecidas por la Organización Mundial de la Salud, que permiten determinar el crecimiento esperado según la semana de gestación. Asimismo, las alteraciones placentarias, como un crecimiento anormal de la placenta o la inflamación del cordón umbilical, pueden ocasionar una deficiente transferencia de nutrientes y oxígeno de la madre al feto, lo que favorece la aparición de las complicaciones mencionadas.

Fuera del vientre, un recién nacido puede enfrentar diferentes riesgos, como fiebre, ictericia (que causa un tono amarillento en la piel debido a la

acumulación de bilirrubina en la sangre, afectando el transporte de oxígeno), infecciones cerebrales y, en casos extremos, la muerte. Es importante señalar que estos riesgos no necesariamente ocurren en secuencia ni de manera exclusiva; cada individuo puede reaccionar de manera única y las complicaciones pueden variar ampliamente.

Pero no solo los recién nacidos enfrentan riesgos. Los niños que no presentan síntomas en los primeros dos años de vida también pueden desarrollar problemas de salud, como problemas visuales, óseos, auditivos y neurológicos que, incluso, pueden resultar en parálisis de las extremidades. Es crucial entender que **la vigilancia médica prenatal y postnatal juega un papel fundamental en la detección temprana y en el tratamiento** adecuado de estas complicaciones para asegurar la salud y el bienestar tanto de la madre como del bebé.

Madre e hijo, síntomas y diagnóstico

Los recién nacidos pueden mostrar síntomas como **irritabilidad, piel agrietada alrededor de la boca, ano y área genital, retraso en el crecimiento** que indica un tamaño menor al esperado para su edad, **enrojecimiento y comezón** que pueden

evolucionar a ampollas en todo el cuerpo, especialmente en palmas y plantas. También pueden presentar **anormalidades óseas visibles**, dolor en brazos y piernas y, en casos severos, parálisis. En niños mayores de dos años que no muestran síntomas al nacer y no se sabe si están infectados, los síntomas pueden pasar desapercibidos hasta que presenten **dientes anormales, dolor óseo, pérdida de visión o ceguera, pérdida de audición o sordera, deformidades nasales, entre otros.**

El diagnóstico se basa en la evaluación clínica del recién nacido o del niño, así como en los estudios realizados tanto a la madre como al bebé. Durante el embarazo, se recomienda que la mujer se someta a una prueba serológica denominada **VDRL** (Venereal Disease Research Laboratory), la cual puede realizarse mediante una muestra de sangre y, en casos específicos, de líquido cefalorraquídeo. **Esta prueba permite detectar la sífilis al identificar la presencia de anticuerpos**, proteínas producidas por el organismo en respuesta a la infección por la bacteria causante de la enfermedad.

En caso de que el resultado del VDRL sea positivo, este debe confirmarse con una prueba treponémica específica, como la **FTA-ABS** (Fluorescent Treponemal Antibody Absorption), un ensayo que **detecta anticuerpos dirigidos contra *Treponema pallidum*, la bacteria responsable de la sífilis.**

Una vez confirmado el diagnóstico, es crucial **realizar revisiones mensuales** con el ginecólogo

para monitorear y tratar la enfermedad. Las pruebas diagnósticas pueden variar según los síntomas del recién nacido. Generalmente, se emplean las pruebas mencionadas anteriormente, pero dependiendo de la situación, también pueden solicitarse radiografías para evaluar anormalidades óseas, exámenes oculares para descartar daños visuales e incluso punción lumbar para confirmar infección cerebral.

Salud y estrategias, prevención

En la actualidad, muchos adolescentes, adultos jóvenes e incluso adultos creen ser expertos en salud sexual; sin embargo, la realidad dista mucho de esta percepción, como lo evidencian las altas tasas de embarazos no planeados y de ITS. Muchas de estas problemáticas podrían prevenirse mediante una **educación adecuada sobre los métodos de protección contra el embarazo y las ITS.** En este sentido, es fundamental destacar que uno de los métodos más eficaces de protección es el **uso del condón**, ya sea masculino o femenino, el cual es reconocido como una **barrera efectiva para reducir el riesgo de transmisión de infecciones y de embarazos no planeados.**

El condón es un método altamente eficaz, con una efectividad superior al 98 %; no obstante, esta eficacia puede variar dependiendo de su colocación y retiro adecuados. Asimismo, el riesgo de adquirir **estas infecciones puede reducirse me-**



<https://pixabay.com/es/photos/condones-rojos-anticoncepci%C3%B3n-849407/>

diante la disminución de la actividad sexual, la limitación del número de parejas sexuales y el mantenimiento de una salud sexual responsable.

Por otro lado, es de vital importancia llevar un control prenatal adecuado desde el momento en que se confirma el embarazo. Este control incluye consultas mensuales hasta la semana 28 de gestación, posteriormente cada dos semanas hasta la semana 36, y de forma semanal a partir de la semana 38 hasta el parto. Durante estas consultas se llevan a cabo diversas pruebas y estudios clínicos, entre ellos la prueba VDRL, la cual debe aplicarse en el primer y tercer trimestre del embarazo —o de manera mensual en caso de resultar positiva— con el fin de dar seguimiento oportuno y brindar el tratamiento adecuado.

La educación sobre estas prácticas resulta fundamental para promover una salud sexual y reproductiva óptima tanto en adolescentes como en la población adulta.

Amor de madre, recomendaciones

- Realizar la prueba VDRL a toda persona que haya iniciado su vida sexual activa, con especial énfasis en las mujeres embarazadas como parte del control prenatal, aplicándola durante el primer y el tercer trimestre del embarazo.
- Realizar la prueba VDRL a toda mujer embarazada que no haya llevado un control prenatal adecuado o que acuda a los servicios de salud solo para la atención del parto.
- Realizar la prueba VDRL a todo recién nacido cuya madre haya presentado una prueba negativa durante el embarazo, pero que cuente con factores de riesgo, como múltiples parejas sexuales.



Kachikis A., Schiff M.A., Moore K., Chapple-McGruder T., Arluck J. y Hitti J. (2023). Risk Factors Associated with Congenital Syphilis, Georgia, 2008-2015. *Infectious diseases in obstetrics and gynecology*, 3958406. <https://doi.org/10.1155/2023/3958406>

Sífilis. (2024, 22 de mayo). OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/sifilis>

Valderrama J., Zacarías F. y Mazin R. (2004). Sífilis materna y sífilis congénita en América Latina: un problema grave de solución sencilla. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 16, 211-217. https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/rpsp/v16n3/23095.pdf

TECNOLOGÍA

La primera red permanente de monitoreo en un campo volcánico de México

Ana Teresa Mendoza-Rosas y Orlando Miguel Espinoza-Ojeda



<https://pixabay.com/es/photos/monta%C3%B1a-volc%C3%A1n-m%C3%A9xico-1905553/>

Ana Teresa Mendoza-Rosas. Investigadora por México, SECIHTI, Programa de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio (MGyPT) del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
ana.mendoza@umich.mx

Orlando Miguel Espinoza-Ojeda. Investigador por México, SECIHTI, Programa de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio (MGyPT) del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
orlando.espinoza@umich.mx

Resumen

El campo volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), una de las zonas volcánicas más activas del mundo, ha sido testigo de eventos geológicos significativos como la erupción del volcán Parícutín en 1943. Esta región, que alberga más de 1 200 volcanes en un área de más de 40 000 km², ha experimentado en los últimos años actividad sísmica y volcánica relevante, lo que subraya la necesidad de contar con sistemas permanentes de monitoreo que permitan anticipar posibles erupciones y mitigar sus efectos.

Palabras clave: Desastres naturales, monitoreo, Parícutín, peligro volcánico.

RECIBIDO: 27/09/2024; ACEPTADO: 18/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

¿Por qué es necesario el monitoreo volcánico?

La región volcánica Tancítaro-Parícutín, dentro del campo volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), es conocida por su intensa actividad sísmica y tectónica. La interacción de fallas y la actividad magmática subyacente son cruciales para evaluar el peligro volcánico. La constante actividad sísmica durante un cierto periodo de tiempo y en una determinada área se le conoce como enjambre sísmico; los que han ocurrido en la zona están alineados con dos sistemas de fallas principales: Cotija-Nueva Italia (dirección NorOeste-SurEste: NO-SE) y Tepalcatepec-Tangancícuaro (dirección NorEste-SurOeste: NE-SO), que influyen en la distribución de los volcanes del CVMG.

El CVMG enfrenta varios peligros volcánicos significativos para las comunidades cercanas y su infraestructura. Los principales peligros volcánicos incluyen:

- **Flujos de lava:** Aunque su desplazamiento es lento, pueden destruir todo a su paso debido a sus altas temperaturas (700 °C a 1 200 °C).
- **Erupciones explosivas:** Pueden expulsar rocas, gases y ceniza a gran velocidad, causando

daños severos en estructuras y en vidas humanas.

- **Ceniza volcánica:** Su acumulación puede provocar el colapso de techos, así como afectar la salud respiratoria, la agricultura y contaminar fuentes de agua.
- **Flujos piroclásticos:** Son corrientes rápidas de gases y rocas incandescentes que pueden causar destrucción instantánea.
- **Lahares:** Flujos de lodo que arrastran materiales volcánicos y pueden sepultar áreas enteras.
- **Emisiones de gases tóxicos:** Como el dióxido de azufre, que puede causar problemas respiratorios graves o incluso ser mortal en altas concentraciones.
- **Deslizamientos de tierra:** Puede desestabilizar laderas, provocando deslizamientos que afectan comunidades enteras.

La alta densidad de volcanes y poblacional del CVMG, combinada con la cercanía de comunidades indígenas purépechas, carreteras, infraestructuras críticas y zonas turísticas, aumenta la necesidad de



Viveros Cuchaporo (San Juan Parangaricutiro).



monitoreo constante. Las erupciones no solo pueden afectar a la población, sino que también pueden tener graves consecuencias económicas, ambientales y sociales.

Implementación de la red de monitoreo volcánico

En respuesta a estos desafíos, se ha establecido la primera red permanente de monitoreo volcánico en Michoacán, gracias a la colaboración entre el Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Programa de Asistencia a Desastres Volcánicos (VDAP) del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). En noviembre de 2023, UMSNH recibió del USGS cuatro estaciones multiparamétricas, las cuales incluyen una variedad de sensores: meteorológicos, sísmicos y geodésicos GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).

La red de monitoreo en el CVMG, que se instaló entre abril y mayo de 2024, está compuesta por cuatro estaciones que permiten observar cambios en la actividad volcánica en tiempo real. Estos sistemas detectan variaciones en la sismicidad, deformaciones del terreno y otros indicadores

geofísicos que preceden a una posible erupción. Las estaciones multiparamétricas se instalaron de manera coordinada por un equipo de expertos de la UMSNH, CENAPRED, USGS y PCEM (Protección Civil del Estado de Michoacán) en los municipios de San Juan Parangaricutiro, Angahuan, Charapan y Uruapan, complementándose con estaciones sísmológicas del Servicio Sismológico Nacional (SSN) que se encuentran en Paracho, Tancítaro y Peribán.

¿Cómo funciona la red de monitoreo?

Las estaciones de monitoreo están equipadas con una variedad de instrumentos que trabajan en conjunto para ofrecer una visión integral de la actividad volcánica. Los sismómetros registran las vibraciones sísmicas que pueden indicar movimientos magmáticos o tectónicos. Los sensores meteorológicos proporcionan datos sobre las condiciones climáticas que pueden afectar la actividad volcánica, mientras que los GNSS miden los cambios en el terreno que pueden sugerir la acumulación de magma bajo la superficie.

Los datos recogidos por estas estaciones se transmiten en tiempo real a un centro de control en CENAPRED y en la UMSNH, donde los científicos

analizan la información para identificar patrones y posibles señales precursoras de una erupción. Esta capacidad de monitoreo continuo es crucial para emitir alertas tempranas y tomar decisiones informadas sobre la evacuación y la protección de las comunidades cercanas.

Laboratorio Multiparamétrico de Fenómenos Naturales (LAMFEN)

Como parte de esta iniciativa, se ha propuesto la creación del Laboratorio Multiparamétrico de Fenómenos Naturales (LAMFEN) en la UMSNH. Este laboratorio se encargará de recolectar y analizar los datos obtenidos por las estaciones de monitoreo, permitiendo una evaluación más precisa de los precursores sísmicos y volcánicos.

El LAMFEN integrará información de diferentes fuentes (meteorológicos, sísmicos y geodésicos) para ofrecer una visión completa de la actividad volcánica y tectónica en la región. Este esfuerzo mejorará la capacidad para mitigar riesgos geológicos y fortalecerá la gestión del riesgo de desastres en el área de Tancítaro-Parícutín.

Además de su función en la gestión del riesgo, el LAMFEN también contribuirá en la investigación científica. Los datos que genere serán fundamentales para entender mejor los procesos geológicos y para desarrollar nuevas estrategias de mitigación. El laboratorio también jugará un importante papel educativo al proporcionar formación y recursos

tanto a las comunidades locales como a los profesionales de la protección civil.

¿Cuáles son los beneficios de la red de monitoreo en el CVMG y del LAMFEN?

- **Detección temprana de actividad volcánica:** Las estaciones proporcionan datos en tiempo real sobre actividad sísmica y deformaciones del terreno, lo que permite identificar señales precursoras de una posible erupción.
- **Seguridad pública:** La red facilita la emisión de alertas tempranas y la planificación de evacuaciones, minimizando el riesgo para las comunidades cercanas.
- **Desarrollo sostenible:** Contribuye a la planificación urbana y al desarrollo regional al evitar construcciones en áreas de alto riesgo.
- Protección de infraestructura crítica ante posibles daños.
- **Investigación y educación:** Ofrece datos valiosos para la investigación científica y sirve como herramienta educativa para la comunidad local.

Además, la red multiparamétrica del CVMG contribuye a la educación y concientización sobre los riesgos volcánicos entre la población local. El CVMG es un laboratorio natural único para la investigación científica en vulcanología, geofísica y cambio climático. La colaboración entre instituciones científicas, como la UMSNH, VDAP-USGS,



Equipos, grupo de trabajo y estaciones instaladas (noviembre de 2023, abril-mayo de 2024). Fotografía propia.

CENAPRED y PCEM, ha sido fundamental para la implementación de esta red.

¿Qué hacer en caso de erupción?

Es crucial seguir las recomendaciones de las autoridades. Ante la caída de ceniza, se debe cubrir nariz y boca con un paño húmedo o mascarilla, proteger los ojos con gafas y evitar que la ceniza entre en los hogares cerrando ventanas y puertas. Además, se debe evitar que la ceniza obstruya los sistemas de drenaje y se tiene que limpiar regularmente los techos para prevenir colapsos por acumulación.

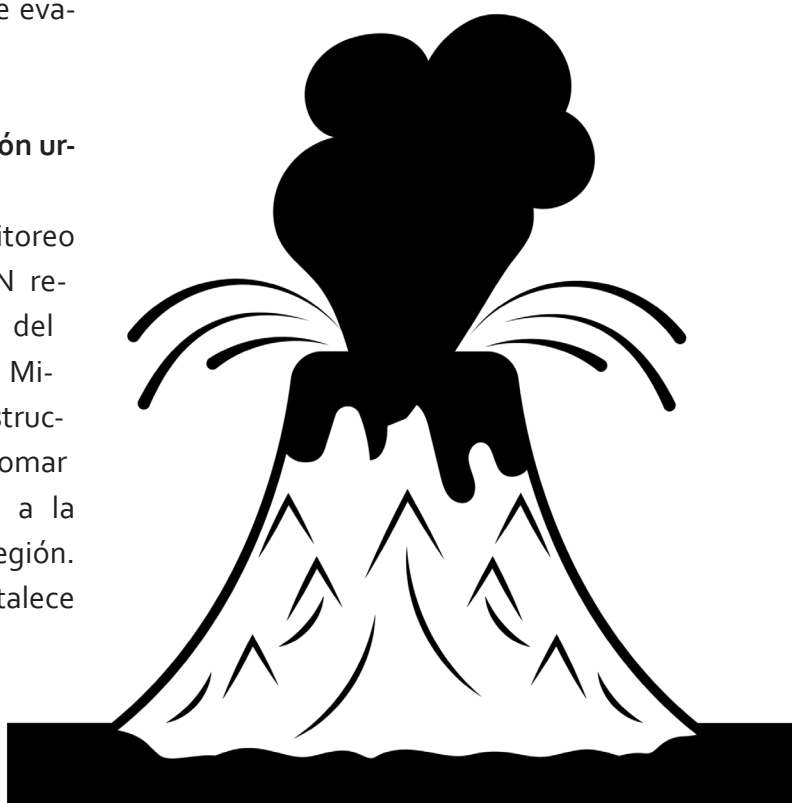
En zonas de riesgo por flujos piroclásticos o lahares, la evacuación inmediata es fundamental. Las autoridades locales indicarán las rutas de evacuación y los refugios seguros.

Impulso del desarrollo científico, planificación urbana y sostenible

La implementación de la red de monitoreo volcánico y el establecimiento del LAMFEN representan avances decisivos en la gestión del riesgo volcánico en el campo volcánico Michoacán-Guanajuato. Gracias a esta infraestructura, es posible emitir alertas tempranas y tomar decisiones informadas que protejan tanto a la población como a los recursos vitales de la región. Además, esta red única en su tipo no solo fortalece la seguridad pública, sino que también impulsa el desarrollo científico y contribuye

a la planificación urbana y sostenible.

La combinación de tecnología avanzada y colaboración institucional nacional e internacional entre universidades y organismos de protección civil, junto con la participación de las comunidades locales, asegura que esta iniciativa sea un modelo para futuras estrategias de monitoreo volcánico en campos volcánicos en otras regiones del país. Enfrentar los riesgos volcánicos de manera efectiva requiere de herramientas científicas robustas, y la implementación de esta primera red de monitoreo volcánico y LAMFEN es un ejemplo de cómo la ciencia y la sociedad pueden unirse para garantizar un futuro más seguro y resiliente.



Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2008). *Volcanes: Peligro y riesgo volcánico en México* (Fascículo del CENAPRED). Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, Gobierno de México. <https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/2-FASC-CULOVOLCANES.PDF>

Mendoza-Rosas, A. T., Juárez-Valle, C. A., Figueroa-Soto, A., Corona-Chávez, P., Gómez-Calderón, D., & Mendoza-Ponce, A. (2024). *Identification of trends in the Tancitaro-Parícutin seismic swarm sequence through fractal characteristics of inter-event times*. *Journal of Seismology*, 28, 373–386. <https://doi.org/10.1007/s10950-024-10198-4>

Zarazúa-Carbajal, M. C., Mendoza-Rosas, A. T., Caballero-Jiménez, G. V., Gómez-Vázquez, Á., & De La Cruz-Reyna, S. (2024). *The spatiotemporal evolution of monogenetic scoria cones in the Parícutin-Tancitaro region, Mexico: Results from a morpho-chronological analysis and its consequences on the distributed volcanic hazard*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 444, Article 108111. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108111>

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2025). *El Parícutin: vida efímera de un volcán*. <https://www.gob.mx/cenapred/es/articulos/el-paricutin-vida-efimera-de-un-volcan?idiom=es>

UNA PROBADA DE CIENCIA

El nombre de la rosa (ilustrado)

Horacio Cano Camacho



Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
horacio.cano@umich.mx

No sé bien el porqué, pero siempre me ha fascinado asomarme a la historia, las costumbres y la arquitectura de la Edad Media. México, mi país, no vivió ese periodo histórico; de hecho, es una nación relativamente joven. Tal vez este interés nació en mis lecturas de infancia, con las aventuras de Robin Hood o las leyendas del rey Arturo, Lancelot y otros personajes de los cuentos clásicos. El caso es que me gusta y, a lo largo de mis lecturas, he desarrollado una visión distante de la idea dominante de una Edad Media oscura, terrible y sucia, una imagen que fue en gran medida construida por el sistema que la sucedió: el capitalismo.

Cuando leí el ya clásico *El nombre de la rosa*, de Umberto Eco (Lumen, 1982), quedé profundamente cautivada. No solo porque se trata de un verdadero thriller histórico que desarrolla, al mismo tiempo, una reflexión sobre cuestiones filosóficas, teológicas y semióticas, así como sobre las contradicciones de la época, sino también porque logra crear una atmósfera medieval excepcional. La novela está ambientada en la llamada Baja Edad Media (1300-1492), quizá mi periodo favorito.

La historia se sitúa en 1327, en una abadía benedictina del norte de Italia, aislada entre montañas y niebla. Hasta allí llegan Guillermo de Baskerville, un fraile franciscano lógico y observador, heredero del método empírico, y Adso de Melk, su joven novicio y narrador de la historia. Lo que en un inicio parece una visita diplomática para debatir la pobreza de la Iglesia pronto se ve alterado por una serie de muertes misteriosas dentro del monasterio. La investigación es encomendada a Guillermo, no solo por su prestigio como hombre sabio y racional, sino también por su experiencia como antiguo inquisidor, reconocido por su piedad y sentido de la justicia.

Eco construye la trama como un claro homenaje a la novela detectivesca clásica: Guillermo recuerda de manera deliberada a Sherlock Holmes, mientras que Adso cumple el papel de un Watson medieval. El crimen gira en torno a un libro prohibido y la investigación sigue pistas físicas, lógicas y también simbólicas.

Sin embargo, el escenario transforma por completo el género. No hay policías, sino inquisidores; no existe la ciencia moderna, sino la escolástica, aunque ya comienzan a vislumbrarse sus primeros esbozos. Tampoco hay forenses: en su lugar hay códices, venenos y pergaminos. El suspenso, de los más apasionantes, se despliega entre laberintos y bibliotecas.

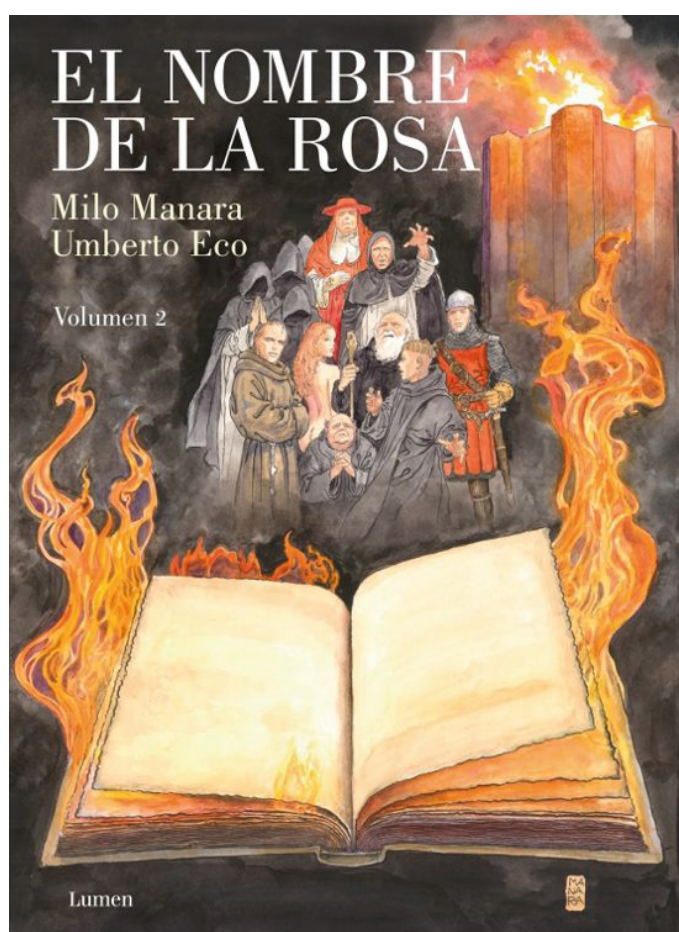
La biblioteca de la abadía, una de las más importantes de la cristian-

dad, se convierte en un personaje en sí misma. Es uno de los espacios más poderosos de la literatura contemporánea: laberinto físico y mental. Guarda saberes antiguos y heréticos, a la vez que funciona como metáfora del conocimiento humano. En su centro se esconde el libro que desata la tragedia: un supuesto tratado perdido de Aristóteles sobre la risa.

Aquí emerge el gran motivo de la novela y de los crímenes: ¿puede el humor desafiar al poder? En la lógica de este mundo, donde se ríe y se disfruta, Dios deja de ser necesario. Es el temor —no la razón— lo que impulsa a creer y a someterse al poder de las creencias y de sus instituciones. Un mundo sin Dios no requiere poderes tutelares.

Estas discusiones se dieron realmente en la época, disputando no solo saberes teológicos, sino mostrando las contradicciones de un mundo en evolución.

El enfrentamiento central no es solo criminal, sino también intelectual. Jorge de Burgos, un an-





ciano monje ciego, defiende que la risa corrompe la fe. Guillermo, en cambio, sostiene que el conocimiento —aunque incómodo— libera.

La novela funciona simultáneamente en varios niveles. Es un thriller medieval con muertes, pistas y persecuciones nocturnas. Es una novela histórica que retrata el siglo XIV con sus herejías, disputas papales y pobreza franciscana. También es un ensayo filosófico, con debates sobre verdad, lenguaje e interpretación. En fin, es verdadera metaliteratura que reflexiona con respecto a los libros, su poder y su destrucción.

La obra se articula en torno a varios ejes fundamentales: el control del conocimiento, la censura, el miedo al pensamiento crítico, la interpretación fundamentalista de los textos, la decadencia de las instituciones y la fragilidad de la verdad histórica. Eco, semiólogo de formación, plantea que todo texto es un laberinto y que todo lector se convierte en un investigador.

Se trata de un libro fundamental, recomendado para todos y todas. Esto viene a cuento por la reciente publicación, a cargo de la misma editorial (2025-2026), de la obra en formato ilustrado: un esfuerzo especialmente valioso para fomentar su lectura, en particular entre el público más joven. Con textos adaptados de Umberto Eco e ilustraciones magníficas del genial Milo Manara, la edición se presenta en dos tomos cuidados y atractivos que seguramente seducirán a nuevos lectores.

Cuando un maestro del dibujo se encuentra con un maestro de la palabra, solo hay un resultado posible: lo sublime.

Los recomiendo ampliamente. Sería un regalo genial para las y los jóvenes de nuestro país y del mundo. Volver a este clásico —una de las cumbres de la literatura del siglo XX— en un formato renovado también resultará un placer para quienes ya lo hemos leído.

LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

Las hidrofobinas, el impermeable de los hongos

Valentín Navarro-Enguilo y Jorge Verdín



<https://pixabay.com/es/photos/champi%C3%B1ones-hongos-silvestres-espora-2279558/>

Valentín Navarro-Enguilo. Estudiante de la Maestría en Innovación Biotecnológica, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Unidad de Biotecnología Industrial. Guadalajara, Jalisco.

panavarro_al@ciatej.edu.mx

Jorge Verdín. Investigador Titular, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Unidad de Biotecnología Industrial. Guadalajara, Jalisco.

jverdin@ciatej.mx

Resumen

Los hongos están en todas partes, ya que pueden habitar en una gran diversidad de ecosistemas, desde los desiertos a las tundras e, incluso, en el interior de otros organismos. Por los componentes de su pared celular, la coraza que los recubre y que los protege de las inclemencias del medioambiente, pueden vivir en muchos tipos de hábitats. Uno de los componentes de la pared celular de los hongos son las hidrofobinas, un tipo de proteína que forma una capa que recubre al hongo y se caracteriza por tener una cara que repele el agua y otra que la absorbe, característica que facilita la dispersión de los hongos, incrementa su resistencia a la desecación y facilita la interacción con otros organismos. Como si eso no fuera suficiente, las hidrofobinas también tienen aplicaciones biotecnológicas. De todo eso y más te enterarás en este artículo.

Palabras clave: Fibras amiloides, hidrofobinas, hongos, pared celular.

RECIBIDO: 27/09/2024; ACEPTADO: 18/03/2025;
PUBLICADO: 27/febrero/2026

Cuando decides estudiar biología, tarde o temprano un grupo taxonómico te cautiva lo suficiente como para dedicarte a estudiarlo. Para aquellos a los que nos apasiona el reino Fungi, es decir, los hongos, generalmente ese momento llega cuando sales al campo y haces la primera colecta de algunos de ellos. Entonces, te vuelves un testigo maravillado de la diversidad y la complejidad de los hongos; quedas fascinado no solo por su biología, sino también por los intrincados mecanismos que les permiten adaptarse y prosperar en ecosistemas muy diversos. Como dice el estudioso británico de hongos (micólogo), Merlin Sheldrake, «*los hongos son los sobrevivientes veteranos de la disrupción ecológica. Su capacidad para aferrarse y, a menudo, florecer a través de períodos de cambio catastrófico es una de sus características definitorias*» (Sheldrake, 2020).

¿Por qué los hongos se diseminan y sobreviven en ecosistemas tan variados?

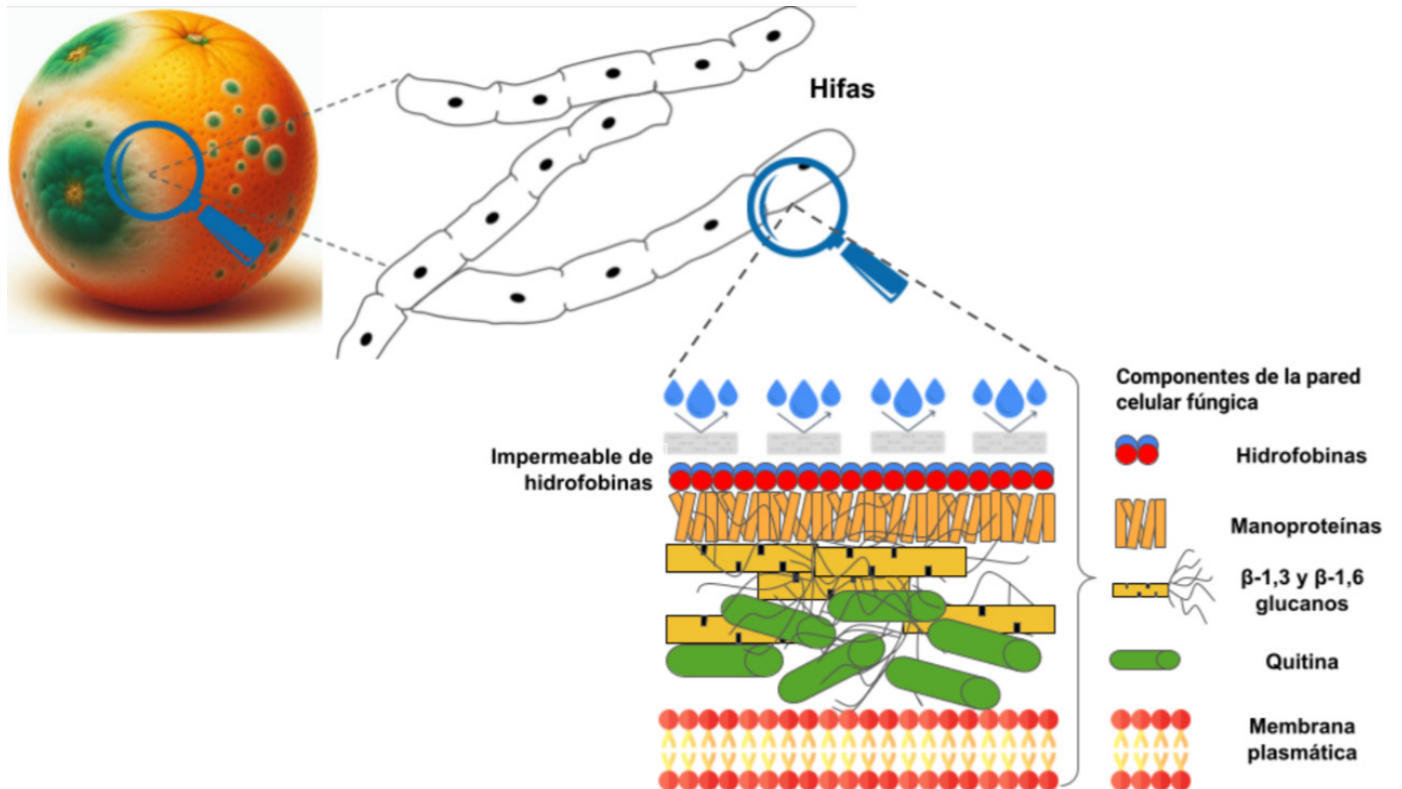
Una de las respuestas a esta pregunta está en los componentes de su pared celular. La pared celular de los hongos es una coraza rígida que los envuelve, aunque al mismo tiempo es dinámica y

plástica, y se puede adaptar a las condiciones del medioambiente en cuestión de minutos. La pared celular también determina la forma del hongo, que es muy variada; produce compartimentos y fusiones celulares para formar diferentes estructuras como los cuerpos fructíferos. La pared celular está formada por polímeros de azúcares (quitina, glucanas y otros). También contiene proteínas y lípidos especializados que ayudan a los hongos a interactuar con su entorno; entre las proteínas que residen en la pared celular hay una en especial que dota a los hongos filamentosos de un recubrimiento repelente al agua y que ha llamado la atención de los biotecnólogos debido a sus aplicaciones potenciales: las hidrofobinas.

Las hidrofobinas funcionan como un «impermeable» que repele el agua. Estas proteínas cubren los filamentos (hifas) de los hongos y los ayudan a proyectar su crecimiento hacia el aire (hifas aéreas), lo que, después de un proceso complejo de desarrollo, da lugar a una de las estructuras que la mayoría de nosotros asocia con los hongos: el cuerpo fructífero. El impermeable de hidrofobinas también protege a las esporas de la desecación, de ambientes con alta salinidad o con humedad cam-



Diversidad de los hongos en los ecosistemas de México. Una colección personal de hongos obtenida en diversas expediciones: (A) Volcán de Tequila; (B y C) Sierra de Manantlán; (D y E) Bosque de la Primavera, Jalisco. Fotografías de V. Navarro-Enguilo.



biente, a la vez que las ayuda a dispersarse por el aire. La combinación de protección y facilitación de la dispersión conferidos por la capa de hidrofobinas explica, en buena medida —aunque hay otros mecanismos también importantes—, la diseminación y la supervivencia de los hongos en ambientes muy diversos, algunos realmente extremos.

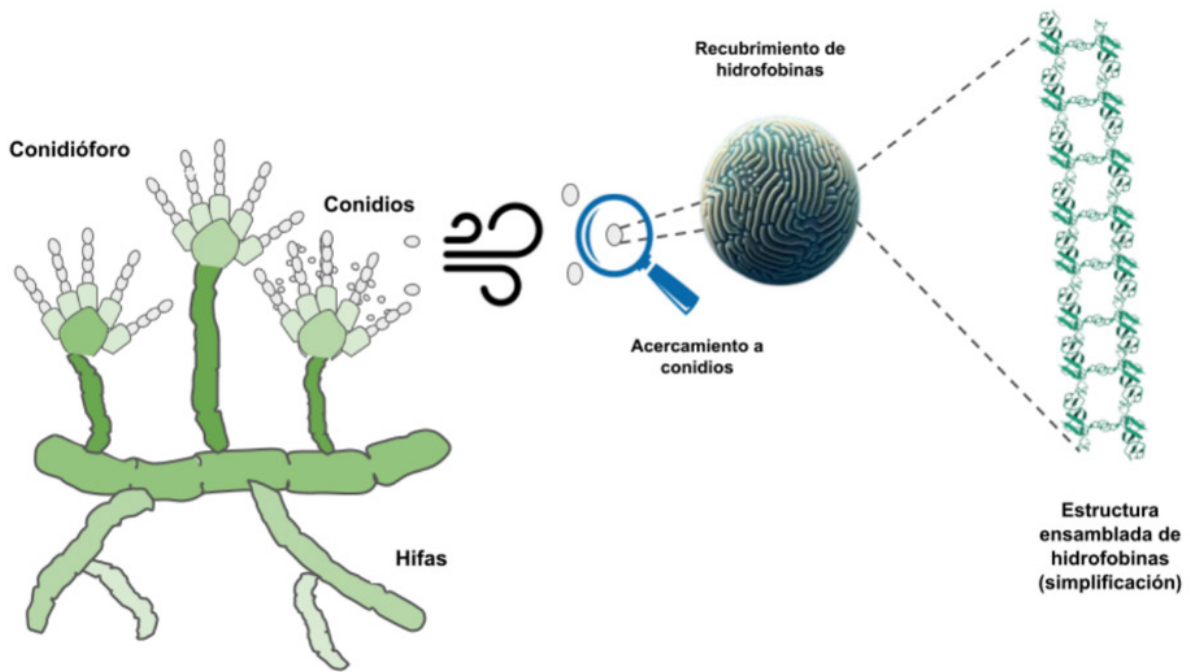
¿Cómo funcionan las hidrofobinas?

Las hidrofobinas son proteínas pequeñas y desordenadas, es decir, extensas regiones de su secuencia de aminoácidos no adoptan una estructura tridimensional regular como lo hacen otras proteínas. Curiosamente, cuando una hidrofobina se encuentra con otras, adquieren una estructura regular y se forman ordenadamente una detrás de otra hasta generar largas varillas (fibrillas amiloides). Utilizando un microscopio de fuerza atómica, es posible observar rejillas de varillas de hidrofobinas arregladas paralelamente y que, unidas a otras rejillas, generan el impermeable que cubre la pared celular de las hifas aéreas y las esporas. Las hidrofobinas no solo adoptan un arreglo bien ordenado, sino que cada una de las caras de la capa que forman tiene propiedades diferentes. Mientras que la cara interna, la que está junto a la pared celular, atrae el agua (hidrofílica), la que queda expuesta al

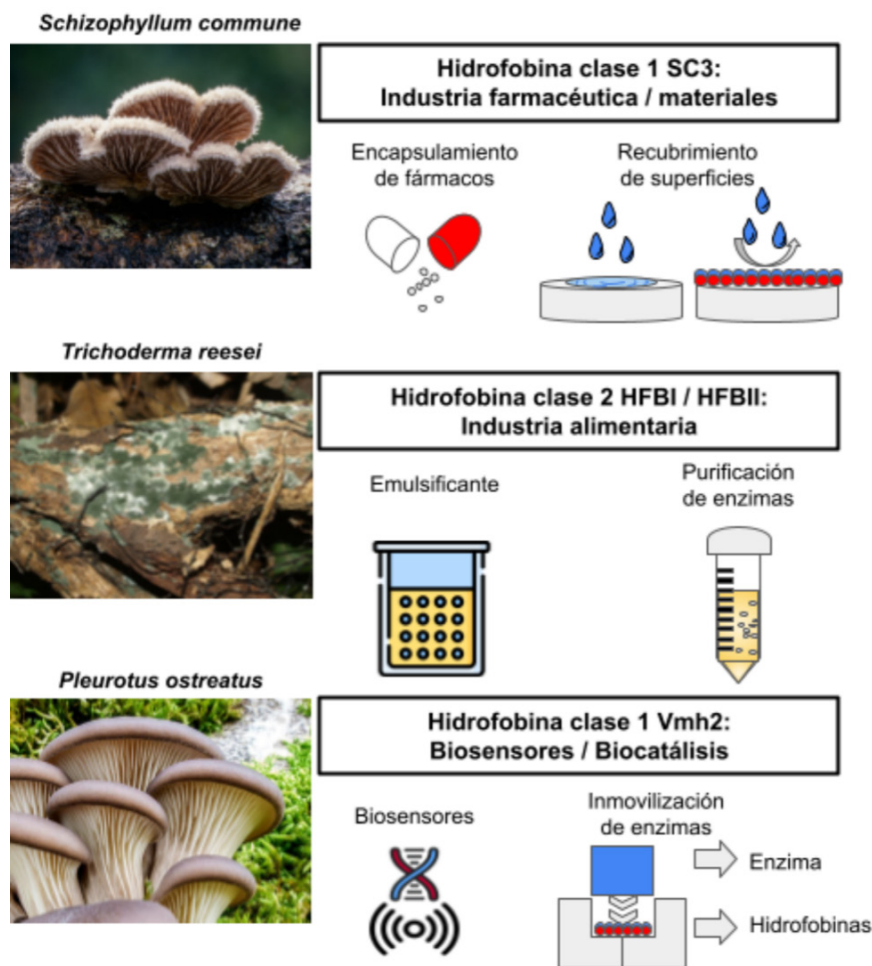
aire, la repele (hidrofóbica). Esa hidrofobicidad es el origen del impermeable de las hidrofobinas.

Las hidrofobinas recubren los conidios. En los conidióforos de los hongos se desarrollan los conidios (esporas asexuales, izquierda), los cuales están recubiertos de hidrofobinas que facilitan su dispersión por el aire cuando están maduros (centro). Las fibrillas que forman las hidrofobinas son la consecuencia de su polimerización ordenada (derecha). Esas fibrillas se acumulan una junto a otra formando una rejilla, y varias de estas rejillas acaban cubriendo toda la espora (centro). Figura de V. Navarro-Enguilo. La imagen de la espora (centro) fue generada con inteligencia artificial a partir de resultados experimentales; la estructura molecular de una fibrilla de hidrofobinas es la de la hidrofobina de *Neurospora crassa*, EAS.

Lo impermeable de las hidrofobinas no solo ofrece protección y facilita la dispersión, sino que también puede dar otras ventajas adaptativas. En los hongos patógenos, es decir, aquellos que viven a expensas de otros organismos causándoles una enfermedad, ya sea una planta, un insecto, un animal o incluso otro hongo, lo impermeable de las hidrofobinas actúa como un «camuflaje», lo que le permite entrar en contacto con el hospedero sin que este active sus mecanismos de respuesta.



Aplicación de las hidrofobinas provenientes de diferentes hongos. La hidrofobina SC₃ de *Schizophyllum commune* ha sido utilizada para el encapsulamiento de fármacos y el recubrimiento de superficies para modificar su humectabilidad. La hidrofobina clase II, HFBI/HFBII, de *Trichoderma reesei* ha sido aplicada como emulsificante y como facilitador para la purificación de proteínas y enzimas de interés. La hidrofobina Vmh₂ de *Pleurotus ostreatus* se ha utilizado para la construcción de biosensores y para la inmovilización de enzimas. Figura de V. Navarro-Enguiló.



El impermeable de hidrofobinas de los hongos. Los hongos que crecen sobre la superficie de una naranja, aunque no forman cuerpos fructíferos gigantes, también son hongos (izquierda). La colonia del hongo es un bosque enmarañado de filamentos llamados hifas. Cada hifa está formada por varias células, una detrás de otra, interconectadas entre ellas (centro). Todo el conjunto está cubierto por la pared celular (derecha) que se deposita en el lado externo de la membrana plasmática y está formada por varias capas de polisacáridos, proteínas y por el impermeable de hidrofobinas cuando la hifa es aérea (izquierda). Figura de V. Navarro-Enguiló. El esquema de la pared celular está inspirado en García-Rubio et al., 2020.

De manera análoga, pero con efectos positivos, lo impermeable de hidrofobinas facilita el primer contacto en el establecimiento de una relación que favorezca tanto al hongo como al organismo hospedero.

¿Las hidrofobinas pueden tener una aplicación biotecnológica?

Más allá de su función biológica, la naturaleza anfipática (una cara hidrofílica y la otra hidrofóbica) de la función impermeable de las hidrofobinas ha llamado la atención de los biotecnólogos y ya ha sido utilizada en diversas aplicaciones. Entre ellas destaca su uso como estabilizante de emulsiones que encapsulan moléculas sensibles, como medicamentos, lo que permite entregarlas a sus blancos de manera más eficiente. Las hidrofobinas también son capaces de transformar superficies inertes en plataformas funcionales que después pueden ser utilizadas como biosensores o dispositivos médicos. Las hidrofobinas han sido expresadas en la superficie de levaduras, lo que las hace más hidrofóbicas. Cuando se coexpresan lipasas, también sobre la superficie de la levadura, estas enzimas, que ca-

talizan la ruptura de lípidos, tienen una mayor actividad.

Las hidrofobinas son un ejemplo claro de la sofisticación de las estrategias de adaptación de los hongos que pueden ser convertidas en herramientas biotecnológicas valiosas. En cada una de sus aplicaciones, ya sea en la medicina o en la industria, las hidrofobinas nos recuerdan la profunda conexión entre la biología y la tecnología, y cómo las estrategias de supervivencia que se generaron tras miles de años de evolución pueden inspirar soluciones innovadoras para los desafíos a los que nos enfrentamos cotidianamente.

«Lo más emocionante es que el verdadero potencial de las hidrofobinas, basado en la explotación de su arreglo ordenado, está por verse muy pronto».

Agradecemos los valiosos comentarios del Dr. Wilhelm Hansberg del Instituto de Fisiología Celular, UNAM.



García-Rubio R., De Oliveira H.C., Rivera J. y Trevijano-Contador N. (2020). The fungal cell wall: *Candida*, *Cryptococcus*, and *Aspergillus* Species. *Frontiers in Microbiology*, 10:2993. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2019.02993/full>

Rojas-Osnaya J. (2023). *Hidrofobinas, las proteínas fúngicas multitareas*. Ciclo de Seminarios de la División de Ciencias Naturales e Ingenierías, UAM-Cuajimalpa. 27

de noviembre de 2023. https://www.youtube.com/live/Psu-DISL8Gs?si=S6b_XZ3NzTiF5lon

Sheldrake M. (2020). *La red oculta de la vida. De qué manera los hongos crean nuestros mundos, cambian nuestra forma de pensar y moldean nuestro futuro* (1.ª edición). GeoPlaneta. Barcelona. 344 pp. https://www.elboomeran.com/wp-content/uploads/2020/12/La_red_oculta_de_la_vida.pdf

LA CIENCIA EN EL CINE

Knives Out

Horacio Cano Camacho



Intentando sacar el mayor provecho de los últimos días de vacaciones, me dispuse a realizar un maratón de la trilogía —hasta ahora— de Benoit Blanc, un detective del pasado que busca representar, en la modernidad, el espíritu de la novela policiaca clásica. El propósito valió la pena: me divertí, puse a prueba mi fascinación por la literatura policial tradicional y, en general, terminé con un buen sabor de boca.

La trilogía, mejor conocida como la saga *Knives Out*, fue creada por Rian Johnson, quien también escribió los guiones y dirigió las películas. Uno de sus grandes aciertos fue la incorporación de Daniel Craig en el papel principal. Craig venía de interpretar un rol totalmente opuesto como James Bond,

Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
horacio.cano@umich.mx

pero su aporte a la saga de Benoit Blanc va mucho más allá de «interpretar a otro detective». Su llegada es un gesto narrativo deliberado: una inversión consciente del héroe masculino contemporáneo, asociado a la acción, el dominio físico, el control, la seducción y la violencia —mucho violencia—. Benoit Blanc, en cambio, encarna una autoridad sin violencia: inteligencia, paciencia, escucha, razonamiento, distancia crítica y una marcada ironía.

La saga se compone de *Knives Out* (2019), *Glass Onion: A Knives Out Mystery* (2022) y *Wake Up Dead Man* (2025). Las tres películas están disponibles en Netflix y pasan, en buena medida, desapercibidas dentro de su catálogo. Además de Craig, cada entrega cuenta con una pléyade de actores y actrices de gran calidad, que refuerzan el excelente papel protagónico y aportan solidez y credibilidad al conjunto.

Benoit Blanc se autodenomina —y los personajes secundarios lo aceptan— el mejor detective del mundo. Se trata de un investigador al más puro estilo del policiaco clásico, inscrito en la tradición del whodunit, un subgénero de la narrativa policiaca cuyo nombre proviene de la pregunta inglesa *Who done it?* —¿Quién lo hizo?—. Estas historias se construyen como un juego intelectual entre autor, detective y lector. Su origen se remonta a Edgar Allan Poe y a su célebre detective Auguste Dupin, y continúa con enorme éxito en figuras como Hércules Poirot, Miss Marple, Sherlock Holmes o el padre Brown, entre otros.

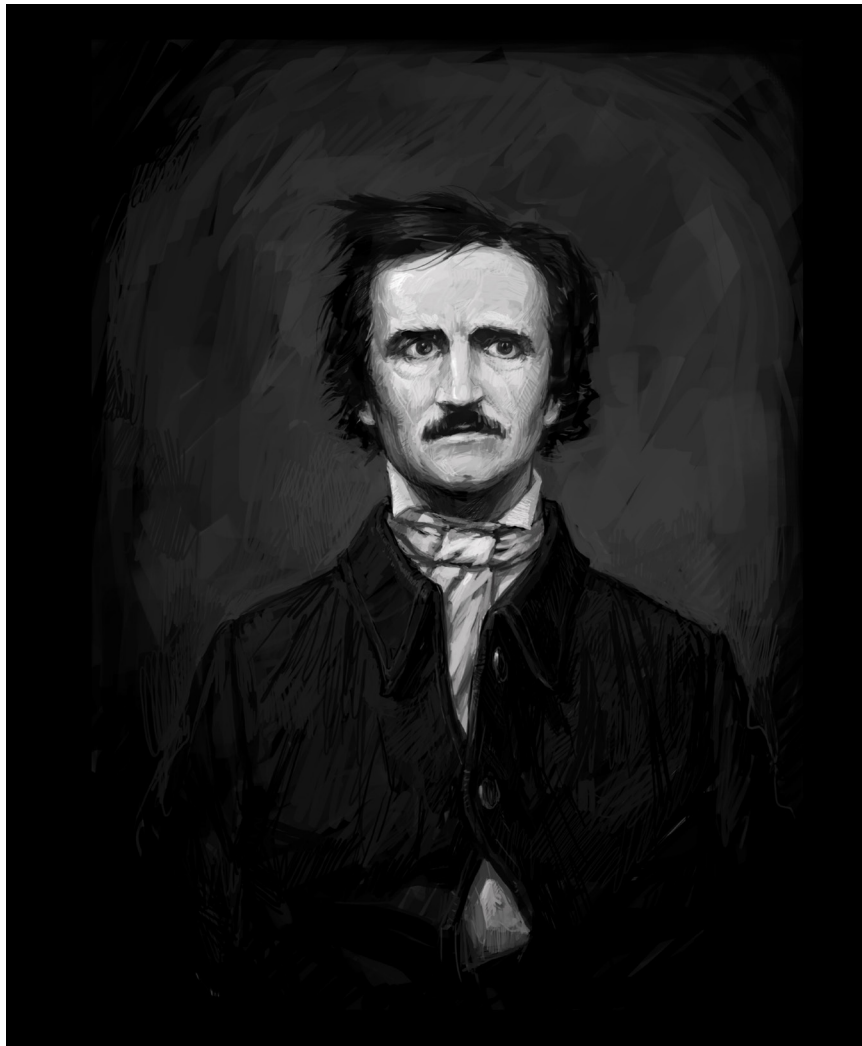
En la saga se presenta el canon del subgénero de forma moderna y plenamente vigente: ocurre un crimen —casi siempre un asesinato—; existe un número limitado de sospechosos; y el lector —en este caso, el espectador— recibe las mismas pistas que el detective. La trama avanza hasta revelar la identidad del culpable mediante la lógica, no por

casualidad ni por fuerza bruta. El placer central no reside en la violencia, sino en la resolución del enigma y, por supuesto, en la figura de un detective excéntrico, heredero del gran cerebro clásico: inteligente, elegante —aunque *kitsch*—, empeñado en resolver un «misterio estúpidamente simple».

Las tres películas están llenas de referencias y guiños a los clásicos del género, y desafían al espectador a reconocerlos: el crimen concebido como un rompecabezas; el asesinato entendido como un problema lógico que debe reconstruirse paso a paso; el círculo cerrado —una mansión, una isla (un tren, en el canon clásico)—, espacios limitados que reducen el número de posibles culpables; y sospechosos con motivos bien definidos: herencias, celos, secretos o venganzas.

Siempre hay numerosas pistas y pistas falsas: algunas visibles, pero cargadas de distracciones deliberadas y de detalles aparentemente





insignificantes. Muchos recordarán el célebre ejemplo de la carta robada en Edgar Allan Poe: el mejor lugar para ocultarla es aquel en el que permanece a la vista. En la tercera película aparece un guiño perfecto a este principio. Y, al final, llega el momento clásico: el detective reúne a todos, expone su razonamiento y nombra al culpable, o bien este se delata por la ansiedad, al intentar anticiparse a las consecuencias.

No quiero arruinar la sorpresa. Pero es evidente que Rian Johnson es un apasionado del *whodunit*, y en esta saga rinde homenaje a Agatha Christie, Arthur Conan Doyle, G. K. Chesterton, Dorothy L. Sayers, Ellery Queen y al mismísimo Edgar Allan Poe. Al mismo tiempo, se perciben ecos contemporáneos de autores como Richard Osman, Fred Vargas o Anthony Horowitz, entre otros.

Lo que vuelve clásica a la literatura policiaca no es solo la presencia del crimen, sino el método. Desde Poe hasta Christie, el género se ha construido como una auténtica escuela narrativa del pen-

samiento racional, muy cercana —en espíritu y en práctica— al pensamiento científico.

Hay varios elementos que rozan el método científico, sin que ello implique una pretensión explícita; se trata, en todo caso, del reflejo de una época. La literatura policiaca clásica está íntimamente ligada al pensamiento racional porque nace, se desarrolla y alcanza su esplendor dentro de la misma matriz cultural que consolida la ciencia moderna. No se trata de una coincidencia estética ni temática, sino de una afinidad histórica e intelectual.

El policiaco clásico surge en el siglo XIX, en un contexto marcado por una confianza casi ilimitada en la razón: el auge del positivismo, la consolidación del método científico moderno, la expansión de la educación formal y el nacimiento de disciplinas como la criminología, la estadística y la medicina legal. Es en este marco donde Edgar Allan Poe crea a Auguste Dupin como una forma narrativa basada en el razonamiento lógico: la resolución del crimen no proviene de castigos, designios divinos o simples casualidades, sino que se plantea como un problema intelectual.

El crecimiento urbano del siglo XIX trajo consigo anonimato, crimen, desigualdad y una creciente ansiedad social. Londres, París o Nueva York se convirtieron en espacios opacos, difíciles de leer. La novela policiaca responde a ese miedo con una promesa tranquilizadora: aunque la ciudad sea caótica, la razón es capaz de descifrarla.

El detective clásico no es violento, ni impulsivo, ni heroico en el sentido épico. Es:

- Analítico
- Metódico
- Paciente

- Escéptico
- Enemigo de explicaciones sobrenaturales (al menos en apariencia)

En ese sentido, Holmes, Dupin o Agatha Christie con Poirot son figuras ilustradas tardías: creen que la verdad existe y que puede alcanzarse con el uso correcto de la razón. Y aquí se asemejan mucho a la visión que se tenía de los científicos.

Incluso cuando se equivocan, **corrigen el método**, no renuncian a él. Exactamente como la ciencia.

La llamada Edad de Oro del policiaco no es casualmente posterior a la Primera Guerra Mundial. Tras la devastación, Europa necesitaba:

- Orden,
- Reglas claras,
- Certezas,
- Mundos donde el mal tuviera explicación y límite.

La novela policiaca ofrece eso:

- Crímenes cerrados,
- Universos regidos por lógica,
- Soluciones limpias, aunque moralmente duras.

Agatha Christie, Dorothy L. Sayers o Margery Allingham escriben rompecabezas racionales: si el lector piensa bien, puede llegar a la verdad. Eso es una pedagogía de la razón.

En el policiaco clásico, la verdad no depende del poder, del estatus social ni de la violencia: depende de la prueba. Este énfasis refleja una época en la que la ciencia comienza a desplazar al dogma, la evidencia se convierte en criterio de verdad y los argumentos valen más que la autoridad.

Este género normaliza una idea profundamente científica: la verdad es pública, demostrable y replicable.

Pero llegó el desencanto: la Segunda Guerra Mundial, con los antecedentes directos de la Gran Depresión y la caída en la precariedad de muchos estados. Aquí surgió una manera distinta de ver la realidad: sin optimismo y viendo todas las taras sociales, en particular del poder. En ese contexto aparece una nueva vertiente de la literatura policiaca: la novela negra. Por ello, Benoit Blanc —un detective del pasado— intenta sobrevivir en esta modernidad que escapa al espíritu clásico.

Una saga muy recomendable, tanto para quienes ya son lectores y aficionados al género como para quienes desean iniciarse en él. Benoit Blanc y *Knives Out* no rompen con la tradición: la renuevan, la actualizan y la hacen cobrar vida ante nuestros ojos. No apuestan por la violencia, sino por el énfasis en el enigma. Predominan la deducción y el juego lógico, y el culpable nunca resulta evidente desde el inicio. Una alternativa brillante para estos días de realidad trumpeana e imperialista descarnada.

¡No se la pierdan!



NATUGRAFÍA

Crotalus polystictus (Cascabel ocelada)

* Miguel Gerardo Ochoa Tovar



La noche cae sobre el bosque templado y el aire huele a resina y tierra húmeda. Los pinos susurran con el viento y el cielo, abierto entre las copas, está sembrado de estrellas. En un claro, un maguey levanta su qurote como lanza viva hacia la bóveda nocturna, improbable y valiente entre troncos y sombras.

Sobre la roca fría, una serpiente de cascabel avanza con calma medida. No irrumpe: pertenece. Su cuerpo dibuja curvas sobre el suelo del bosque, controlando silenciosamente el pulso de pequeños roedores y manteniendo el orden invisible.

Es un paisaje profundamente mexicano, donde espinas y escamas se tocan bajo constelaciones antiguas. La noche no es ausencia de vida —es su forma más secreta.

14 años de *Saber Más*: Divulgando Ciencia

*Dr. Rafael Salgado Garciglia



<https://www.sabermas.umich.mx/>

La revista *Saber Más* nació el 12 de enero de 2012 como una iniciativa de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC), con el propósito de divulgar el quehacer científico no solo de los académicos de nuestra institución, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), sino también de democratizar el conocimiento, dirigido a estudiantes desde educación básica hasta posgrado, así como a la población lectora en general.

A lo largo de estos 14 años, la revista ha mantenido una periodicidad bimestral ininterrumpida, alcanzando recientemente su número 85. Lo que comenzó como un esfuerzo local es hoy una publicación con visibilidad internacional, gracias a su formato digital y su rigor editorial. Con la idea y el trabajo de un grupo de académicos, *Saber Más* surgió para dar salida a la vasta producción cientí-

fica de los investigadores nicolaitas y externos. Aunque nació con una fuerte identidad visual, ha sabido adaptarse a las plataformas digitales, facilitando su lectura en diversos dispositivos.

Llegar a 85 números no es tarea fácil en el mundo editorial de divulgación científica. En este sentido, muestro algunos datos clave que dan cuenta de su impacto: se han publicado más de 1 300 artículos, de los cuales 844 son artículos de divulgación y 510 corresponden a las diferentes secciones, como «Entérate», «La ciencia en pocas palabras», «Una probada de ciencia» y «La ciencia en el cine». Además, la revista cuenta con 85 entrevistas en la sección «Entrevista», 64 experimentos en «Experimenta», 10 mangas de divulgación, 16 infografías en la sección «Ilustración científica», 19 fotografías en «Natugrafía» y 16 notas en «Quehacer científico nicolaita».

En la edición de algunos números, las portadas y contraportadas han sido realizadas por estudiantes de nuestra Universidad, mediante el uso de ilustraciones y de un diseño vanguardista que ha resultado clave para atraer a lectores jóvenes. *Saber Más* publica temas de vanguardia, lo cual se confirma con la edición de números especiales dedicados a crisis globales —como la pandemia de COVID-19—, al cambio climático y, por supuesto, a los avances en biotecnología agrícola.

Más allá de informar sobre los avances científicos, *Saber Más* cumple una función formativa al promover valores, ya que sus artículos subrayan la importancia del conocimiento en la vida de las personas, fomentan una cultura de la responsabilidad e invitan a reflexionar sobre el impacto de nuestras acciones en el entorno y en las futuras generaciones. Este compromiso se respalda en un proceso editorial riguroso que garantiza información veraz, responsable y con sólido sustento científico.





En las páginas de *Saber Más* convergen temas diversos que van desde las ciencias biológicas y la biotecnología, la biodiversidad y la conservación, la seguridad alimentaria, la salud y el bienestar humano, hasta la física y la química, las

fronteras de las tecnologías, el entorno global y la sostenibilidad, el humanismo y el pensamiento crítico, así como el diálogo entre arte, ciencia, ética y filosofía.

Nuestro agradecimiento a las distintas administraciones de nuestra Universidad y a los coordinadores de la Investigación Científica, cuyo apoyo ha hecho posible la continuidad de las ediciones de *Saber Más*; asimismo, agradecemos a quienes han integrado los comités editoriales, al grupo de académicos revisores y revisoras, además del equipo de edición, con un reconocimiento especial al Departamento de Comunicación de la Ciencia de la CIC/UMSNH.

A nuestros lectores y colaboradores (autores), gracias por ser el motor de estos 14 años y 85 ediciones. Ustedes dan sentido a nuestra labor de llevar la ciencia a la vida cotidiana. Reafirmamos nuestro compromiso de seguir publicando con ética y pasión, convencidos de que el conocimiento compartido es la mejor herramienta para construir el futuro. Sigamos juntos leyendo y compartiendo ciencia, porque mientras exista una pregunta por responder, *Saber Más* seguirá siendo su puente hacia el fascinante universo del conocimiento científico. ¡La aventura continúa!

*Director ejecutivo de *Saber Más*

<p>Sobre nosotros</p>  <p>Somos una revista de divulgación científica y tecnológica editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a través de la Coordinación de la Investigación Científica.</p> <p>La Revista <i>Saber Más</i> publica artículos de divulgación científica en un formato digital de manera periódica bimestral. Es de acceso gratuito, orientado a la divulgación del quehacer científico como una tarea que busca educar, inducir a los lectores para acercarse a la ciencia y de esta manera contribuir al establecimiento de una cultura democrática en la sociedad, promoviendo el civismo y la coherencia intelectual.</p>	<p>Índices</p> 	<p>Contacto</p> <p>Avenida Francisco J. Mujica S/N, Edificio C-2, Ciudad Universitaria C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México</p> <p>+52 (443) 316 7436 +52 (443) 327 2366</p> <p>www.sabermas.umich.mx www.cic.umich.mx www.umich.mx</p> <p>sabermas.publicaciones@umich.mx</p>  <p>PREMIO ANUIES - TIC 2019 en la categoría "Transformación de las prácticas educativas mediante las TIC"</p> 
--	--	--

