

sabermás

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



Año 14 / Número 80 / 2025
Morelia, Michoacán, México

U.M.S.N.H.

ISSN 2007-7041



9

772007

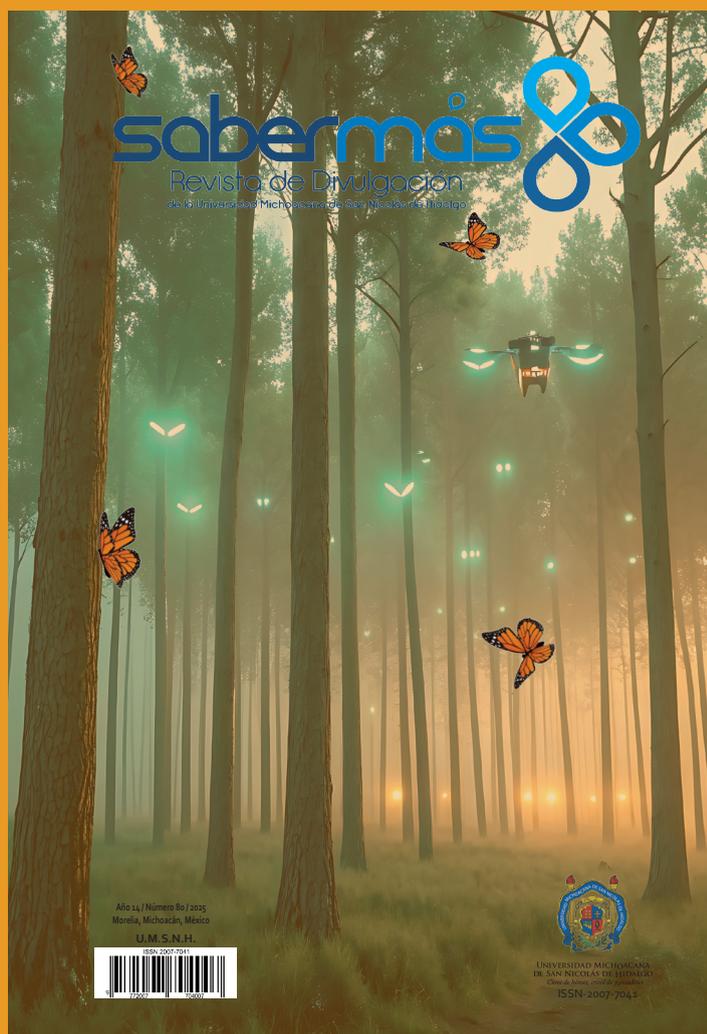
704007



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

ISSN-2007-7041

CONTENIDO



Uso de drones en México para estudiar y proteger el hábitat de la mariposa monarca 48

ARTÍCULOS

Los jardines para polinizadores. Una necesidad para todos	19
Cuencas hidrológicas: Agua para todos, impacto para todos	22
Microlotes de café de especialidad: Una alternativa para productores a pequeña escala	27
Agricultura sostenible en acción	31
Agrobiodiversidad al rescate	35
El éxito de las sociedades y de las células depende del uso eficiente de los recursos	39
En realidad, ¿las plantas escuchan?	43
¿Inflamación o síndrome del intestino irritable?	56
¿Cómo proteges tu piel del sol?	60
La vida sexual de los hongos	65
¿Quiénes son los amigos de los helechos?	71
Bioluminiscencia: ¿Brilla incluso aquello que no se puede ver?	76
El moho gris que ataca a las plantas	80
Los derechos humanos y su protección internacional	84



19



27



35



43



60



71

ENTÉRATE

Carta de una hormiga con insomnio y los residuos de café 6

La química del aroma en tu taza de café 9

TECNOLOGÍA

La gestión sostenible de los residuos de aerogeneradores 89

UNA PROBADA DE CIENCIA

La edad media 94

CIENCIA EN POCAS PALABRAS

¿Estequiome qué? La estequiometría como herramienta en la ecología 97

LA CIENCIA EN EL CINE

El Eternauta 102

NATUGRAFÍA

Coa citrino (*Trogon citreolus*) 108

QUEHACER CIENTÍFICO NICOLAITA

Se llevó a cabo con éxito la 13ª. Semana del Cerebro en la UMSNH 109



Entrevista a IA
DeepSeek es una aplicación de IA

13

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

Jesús Campos García

Secretario Administrativo

Edgar Martínez Altamirano

Secretario Auxiliar

Jorge Alberto Manzo Méndez

Abogado General

Hugo Rojas Figueroa

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 14, No. 80, Marzo - Abril, 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, mayo 2025. 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. Jesús Campos García
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 Solis 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. Nandinii 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
C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Corrección de estilo

Lourdes Rosangel Vargas

Administrador de Sitio Web

Fidel Anguiano Rodríguez

Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

EDITORIAL

Estamos asistiendo al uso de la tecnología con fines muy dramáticos y éticamente cuestionables. El caso más evidente es su aplicación en la guerra. Estos artilugios han demostrado una capacidad de causar daño que podríamos calificar de terrorífica. Es claro que se trata de decisiones tomadas por militares y políticos, y no de una propiedad emergente de la tecnología.

Ahora veamos otro escenario. Cuando yo era niño, solíamos ir de día de campo al bosque. A mi padre le encantaba sentir la brisa, el olor de la resina y la sensación de libertad. Íbamos a una zona donde había una enorme torre de acero que, para mí, se asemejaba a la torre Eiffel. Mi padre nos explicó su función: era una torre de vigilancia contra incendios forestales. En este caso, era muy válida la sentencia de que "los árboles no dejan ver el bosque". Por eso, los guardas forestales subían a lo alto para observar y detectar humo como indicio de un posible incendio, alertar a las brigadas de bomberos y entrar en acción.

Sin embargo, la vista humana es limitada, y el bosque está lleno de recovecos que no siempre son visibles desde la torre del vigía, o bien el vigía puede cometer errores. Ahora imagine al vigilante en la comodidad de su oficina, contando con una "brigada de drones" equipados con lentes infrarrojos para detectar calor, con visión panorámica de 360°, e incluso con ópticas especializadas para identificar diversos elementos. Sería una vigilancia casi perfecta: no solo se detectarían incendios, sino también fauna, el estado de salud de la cobertura vegetal, e incluso enfermedades de plantas y animales.

Ese es el poder de la tecnología usada para los fines correctos. Podemos extenderlo a la agricultura, la seguridad pública, la atención de emergencias por catástrofes y un largo etcétera. De esto trata nuestro

artículo de portada: el uso de drones en la vigilancia y protección de la mariposa monarca. No te lo pierdas.

En este número de *Saber Más* tenemos, como siempre, una interesante colección de artículos sobre ciencia y tecnología. Los temas son diversos, pero todos fascinantes. También incluimos nuestras secciones fijas de cine, libros y tecnología, y ahora sumamos una entrevista con una Inteligencia Artificial, que en esta ocasión responde a dudas y temores. Así que prepárate para ingresar a un portal que te transportará a los laboratorios de creación de conocimiento.

¡Saludos!

Horacio Cano Camacho
Editor

Saber más es fruto de la colectividad.

Muchas personas participan en su elaboración. Desde los autores que confían en nuestra revista para acercar a los lectores sus artículos de divulgación, pasando por revisores, lectores y colectores, hasta el equipo editorial. Es imprescindible que exista una coordinación rigurosa entre cada uno de estos actores para que el equipo que forma, diseña y publica la revista bimestralmente pueda entregarla, aunque sea en sentido figurado, en las manos de quienes la esperan.

Dentro de este gran engranaje, destaca la figura del director general, un rol que recae en el Coordinador de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Esta persona gestiona, supervisa y coordina el esfuerzo de todos.

Hasta este número que ahora tienes en tus manos, este digno cargo estuvo representado por el **Dr. Jesús Campos García**. Sin embargo, a partir del próximo ejemplar, su nombre ya no aparecerá en el directorio general, pues ha dejado la Coordinación para retomar sus labores como el excelente investigador que es.

Desde estas líneas, queremos expresarle nuestro más profundo agradecimiento por su liderazgo y trabajo al frente de la revista, y esperamos que continúe colaborando con nosotros, ahora como autor y revisor.

¡Hasta luego, doctor Campos!



ENTÉRATE

Carta de una hormiga con insomnio y los residuos de café

*Ricardo Giovanni Soria-Herrera



https://www.freepik.com/free-photo/fragrant-coffee-beans-beautiful-wooden-spoon-wood_9500297.htm#fromView=search&page=2&position=1&uuid=81e4c3ae-189b-4ada-b74e-1ae04c6fboad

Mi querida hormiguita Hortensia

Te escribo estas líneas siendo las 4 de la mañana, debido a mi incapacidad de consolidar el sueño tan anhelado y es que, desde tu partida a otras tierras más prósperas, han ocurrido muchas cosas de las cuales quiero mantenerte al tanto.

Como recordarás, el frondoso paraíso terrenal que elegimos hace tanto tiempo para construir nuestro hogar —al que las personas suelen llamar Hormiguero—, el cual se ubica en el particular jardín de la casa de la señora Irma, quién ha tenido la

gentileza de ponernos árboles frutales, hortalizas y exquisitas plantas florales, todas a nuestra disposición en abundancia, nos ha permitido vivir aquí durante los últimos 10 a 15 años, según relata mi abuela Antonia.

Tiempos placenteros han transcurrido en este hermoso jardín de abundantes recursos, con excepción del terremoto de 2017 que derribó 3 secciones del bloque 5 de los apartamentos para hormigas de interés social y de aquella inundación de 2021. Los demás años han sido de paz y amor para todas las hormigas de este edén.

Sin embargo, todo esto ha cambiado...

Hace un mes vino de visita la abuelita, doña Josefina, y con ella llegaron los más variados menjurjes desde su tierra cachanilla, entre los cuales se encuentra un terrible veneno: «Café Colibrí». Escuché que le nombraron así. Es un brebaje amargo que se prepara con agua caliente que, al beberlo, los mantiene corriendo de un lado a otro, como si la vida no fuera ya demasiado rápida.

Todo transcurría con relativa normalidad hasta que una de las niñas pisó la torre principal de nuestro hogar. Al salir nuestros valientes guerreros a defender con bravura esta ofensa, le ocasionaron ronchas en la piel a la pequeña, lo que le produjo un llanto ensordecedor.

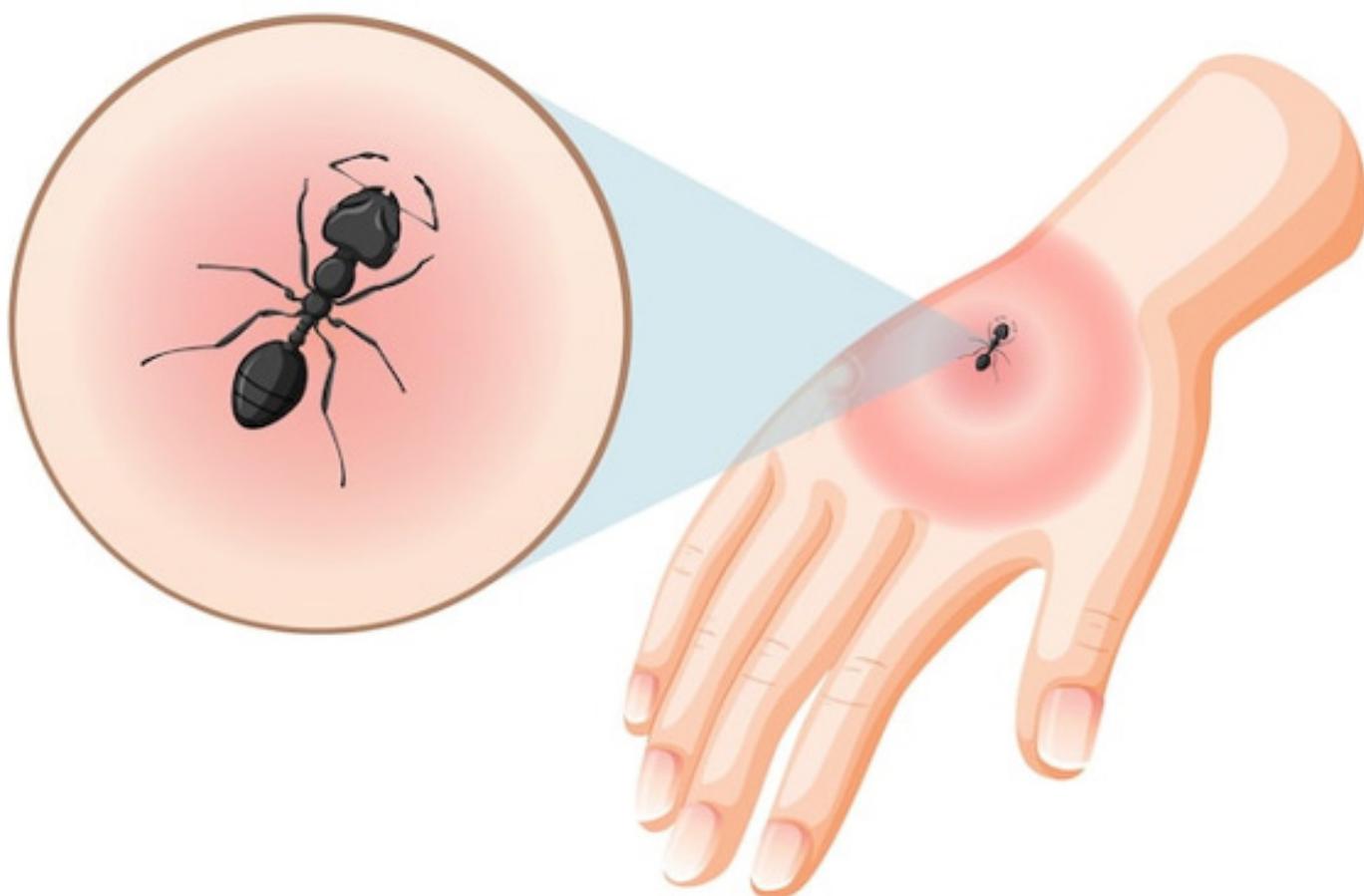
A partir de ese penoso incidente, la abuela brindó un terrible consejo. Le dijo a doña Irmitta que el café residual que se desechaba todas las mañanas, funcionaba como repelente de plagas de insectos. ¿Puedes creer que nos llamó plaga? ¡A nosotras, que somos hormigas de bien! Nos tratan

como si fuéramos esas horribles abejas adictas a la cafeína o como a ese escarabajo que se llama *Hypothenemus*, al que le apodan «la broca del café», que puede tomarse hasta 200 expresos diarios, ¡ya me dirás si eso no es adicción!

No entiendo cómo ese aroma que resulta tan horrible para nosotras, les deleita de una forma que estimula sus sentidos y los hace trabajar como locos. He escuchado a algunos decir que no pueden vivir sin su café. ¡Dementes! Seguramente, no han de saber que el café contiene unas moléculas que se llaman diterpenos como el Cafestol y el kahweol, los cuales resultan tóxicos no solo para nosotras, las hormigas, sino también para una gran variedad de insectos. La cafeína y el ácido cafeico son muy desagradables para nosotras.

Huimos de los residuos del café

Debido a los piquetes que mis compañeros dieron a la nieta de doña Josefina, han esparcido residuos de café por todo el jardín. Para no tener



https://www.freepik.com/free-vector/black-ant-bites-sting-skin_31829375.htm#fromView=search&page=1&position=0&uiid=07772065-ocb7-4953-aaf3-83fc7c613867

que soportar tan desagradable olor y evitar la toxicidad que nos produce, hemos huido de ese jardín que por años disfrutamos.

Ahora, nos mudamos a otro jardín donde iniciamos de nuevo. Esperamos disfrutarlo, aunque aún no sabemos cómo será estar en este lugar. Llevo días sin poder dormir, este cambio me ha llevado a este insomnio, pero espero que, en este jardín, no nos corran con residuos de café.

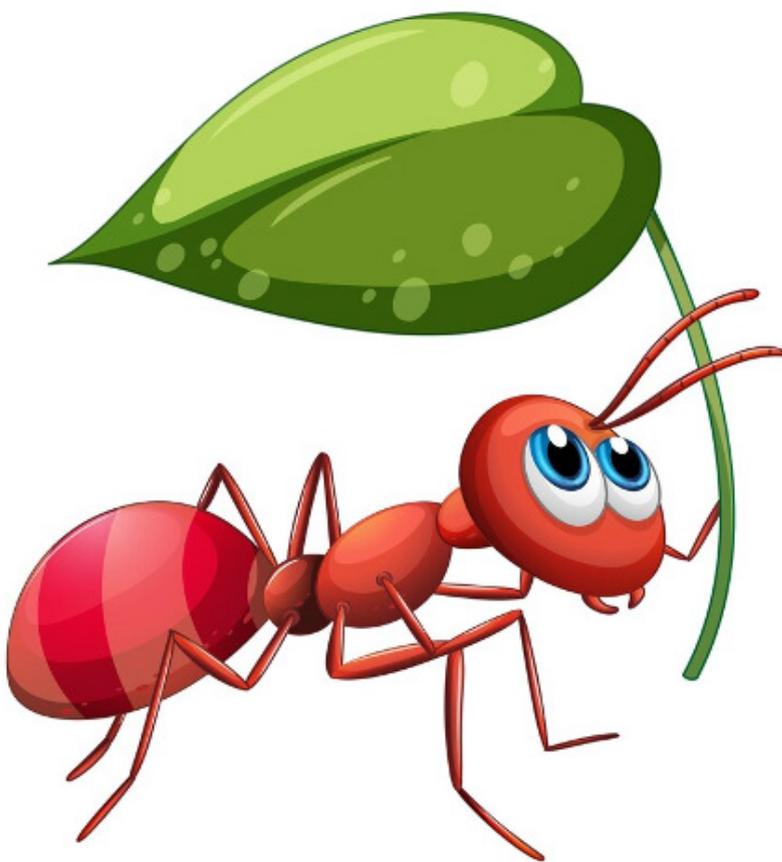
Pronto te escribiré con noticias de esta colonia que amaste y que, desde el otro lado, añoras

tanto y donde tu presencia nos hace falta.

Con mucho cariño, tu fiel y querido Hormigono.

**Ricardo Giovanni Soria-Herrera.* Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud y Farmacéuticas, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

ricardo.soria@umich.mx



Infante-Rodríguez D.A., Valenzuela-González J.E., Guerrero-Analco J.A., Ramírez-Marcial N. y Vásquez-Morales S.G. (2023). Las Magnolias: Biología, usos y su potencial como fuente de compuestos insecticidas. *Naturaleza y Tecnología*, 31-44. <http://quimica.ugto.mx/index.php/nyt/article/view/479/Infante-Rodríguez>

Jiménez E.R. (2014). Café I (G. Coffea). *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 7(2), 113-132. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/27030672-4b74-4df3-8a7b-eee39b-14d1a2/content>

ENTÉRATE

La química del aroma en tu taza de café

*Fernanda Monserrat Talavera-Pérez y Karla Gabriela Domínguez-González



https://www.freepik.com/free-photo/fresh-coffee-steams-wooden-table-close-up-generative-ai_40950852.htm#query=aroma%20a%20caf%C3%A9&position=3&from_view=search&track=ais&uid=7ccfbdoc-e634-4cfb-b895-8fafc7398221

El olor a café suele ser muy placentero para la mayoría de los que tomamos esta rica bebida. Es, incluso, causante de sensaciones relajantes y mejorar el ánimo, siendo parte de la rutina diaria de muchas personas. El olor del café es producto de diversas reacciones químicas que se llevan a cabo durante el tostado del grano, a la vez que están implicados una gran diversidad de compuestos químicos volátiles que son detectados por nuestro sistema olfatorio a partir de receptores que envían la información a nuestro cerebro para ser interpretada; sin embargo, no somos capaces de detectar cada una de las moléculas que interfieren en el olor del café, inclusive su olor cambia por factores como el umbral olfatorio de cada persona, el origen del

grano de café, las condiciones climáticas que sufrió el grano durante su cultivo, la forma de almacenamiento y el proceso de tostado al cual fue sometido.

¿Cómo funciona el sentido del olfato?

El sentido del olfato es el que nos ayuda a detectar los olores que están presentes en nuestro entorno, y esto es posible por medio de la nariz al inhalar ciertas sustancias químicas volátiles y a través de la boca por vía retronasal cuando consumimos alimentos.

Pero, ¿cómo es que detectamos los olores? Es gracias a los 347 receptores olfatorios que tenemos en la parte superior y al fondo de la cavidad nasal,

los cuales tienen una forma de filamento o hebra y están diseñados para detectar diferentes moléculas químicas, sin ser específicos para una sola molécula, siendo capaces de ayudarnos a reconocer y memorizar cerca de diez mil tipos de aromas distintos.

Estos receptores, que se encuentran unidos al nervio olfatorio, están cubiertos por una mucosa que ayuda a que las moléculas volátiles se disuelvan fácilmente cuando son solubles en agua y, a través de proteínas fijadoras, pasan por la mucosa cuando se trata de moléculas no solubles en agua para así activar a los receptores olfatorios. El nervio olfatorio recibe la señal de los receptores olfatorios producido por las moléculas de olor y las envía al bulbo olfatorio a través de axones (parte de las neuronas que les ayuda a conectarse y enviar señales a otras células) de nuestras neuronas sensoriales olfativas (tenemos aproximadamente 100 millones) y de ahí se envía la información al cerebro para que interprete y reconozca el olor del que se trata.

Efectos producidos por el olor a café

Se considera que el olor se traduce como una sensación y que ciertos factores psicológicos afectan la manera en cómo detectamos estos olores, ya

que nos pueden traer recuerdos al tenerlos memorizados y nos ayudan a interpretar situaciones de nuestro entorno. Por ejemplo, si detectamos el olor característico del humo, nuestro cerebro lo traduce a que cerca puede haber un incendio y busca el origen para protegerse de un peligro o si detectamos un olor a podrido, nuestros gestos de desagrado son la traducción de esa sensación percibida, o en el caso de este texto, al detectar el olor característico del café tostado o de una taza de café recién preparada, podemos asociar el olor con una tarde de convivencia con amigos o a un día lluvioso en el que recurrimos a una taza de café para calentarnos, e incluso a una noche larga de estudio donde nuestra compañía fue un buen café cargado.

Todos estos recuerdos y muchos otros, nos llevan a percibir sensaciones distintas como nostalgia, relajación e incluso sentirnos más despiertos simplemente con el estímulo de una sustancia química volátil. Se ha demostrado que el olor a café puede mejorar nuestra capacidad para prestar atención, para analizar situaciones y resolver problemas, además de producir un efecto relajante en todo el cuerpo y mejorar el estado de ánimo. Todos estos efectos se producen gracias a que los com-



<https://pixabay.com/es/photos/mujer-bebiendo-caf%C3%A9-mujer-joven-601568/>



<https://pixabay.com/es/photos/caf%C3%A9-molinillo-de-café-polvo-de-café-7557413/>

puestos volátiles llegan al sistema límbico, encargado de regular nuestras emociones e implicado en el aprendizaje y en la memoria.

¿Quiénes son los responsables del olor a café?

Los aromas que son interpretados por nuestro sistema olfatorio suelen ser una mezcla de distintos compuestos químicos aromáticos. Por lo general, estas moléculas químicas se clasifican en: compuestos oxigenados, como ésteres, aldehídos y cetonas; compuestos nitrogenados, como amoníaco y aminas biogénicas, y compuestos azufrados, como el ácido sulfhídrico y el 2-furilmetanotiol. Los compuestos azufrados suelen relacionarse con olores desagradables como los que caracterizan a los desagües, alcantarillas o huevos podridos debido al ácido sulfhídrico; sin embargo, no todos los compuestos azufrados deben considerarse como causantes de olores desagradables, ya que también son los responsables del olor a café tostado que les agrada a tantas personas, siendo el mayor encar-

gado de este olor el compuesto azufrado conocido como 2-furilmetanotiol.

El tostado es el encargado de la diversidad de olores en el café

El olor del café es distinto cuando el grano está verde y pasa por un proceso de tostado, lo que nos indica que los compuestos químicos que producen su olor son diferentes en granos verdes y tostados. El proceso de tostado del grano de café es muy importante para el olor final de este producto, ya que durante este proceso se llevan a cabo diversas reacciones químicas como la pirólisis (reacción en la que una sustancia cambia su composición química obteniendo productos distintos al original, al estar en contacto con el calor y en ausencia de oxígeno, por lo que no se produce una llama).

Otra reacción importante que se da en el proceso de tostado es la reacción de Maillard, en donde los azúcares y las proteínas del grano de café interactúan debido a temperaturas altas, produciendo

colores marrones y olores característicos del tostado, producidos por compuestos llamados cetonas cíclicas que le proporcionan olores dulces; asimismo, se encuentran compuestos llamados fenoles, como el ácido quínico, producto de la degradación del ácido clorogénico, producidos cuando el café ha sido tostado por mucho tiempo, dándole olores ahumados, picantes y amargos al café.

Existen otras reacciones producidas durante el proceso de tostado, donde se producen compuestos químicos conocidos como pirazinas, específicamente, la 2,3-dimetilpirazina que le proporciona olores a nuez y el 3-metilbutanal que le da olores dulces y frutales, mientras que la 2,3-butanediona le aporta olores a mantequilla.

El olor a café no es siempre igual

Son muchos los compuestos químicos asociados al olor del café; sin embargo, no somos capaces de detectar todos estos olores, ya que solo detectamos algunos según nuestro umbral (cantidad mínima de sustancias químicas a las que nuestra nariz es sensible), por lo que el olor percibido entre una persona y otra puede ser un poco distinto.

También la forma de preparación del café después del tostado tiene que ver en cómo percibimos

su olor. Estos compuestos de olor tienen una polaridad distinta (diferencia de cargas eléctricas), por lo que al disolverse en un líquido (que también tiene cargas eléctricas) se extrae primero el olor del compuesto con una polaridad mayor (como la 2,3-butanediona). Esto es así porque, mientras más alta es la polaridad de un compuesto, es más soluble en agua y, tiempo después, se extraen los compuestos con una polaridad menor, ya que son menos solubles en agua, por lo que percibimos olores distintos a medida que vamos consumiendo nuestro café.

A pesar de que se han identificado los compuestos volátiles, entre 800 y 1000 compuestos distintos, responsables del olor a café tostado y se conocen las reacciones que los producen, podemos darnos cuenta de que el olor del café tostado varía de marca en marca, siendo distinto el olor de un café originario de cierto país e inclusive hay diferencias entre cafés que proviene de una misma ciudad, pero que pertenecen a una marca distinta. Esto se debe a que se aplican procesos distintos de tostado a cada grano de café, a las diferentes características del suelo y del clima donde ha sido cultivado, a las condiciones de almacenamiento y la especie, así como a la variedad del grano.

Fernanda Monserrat Talavera-Pérez. Estudiante de la Licenciatura de la Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
1800362f@umich.mx

Karla Gabriela Domínguez-González. Profesora de la Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
qfb.karla@gmail.com



Colorado-Peralta R. y Rivera J.M. (2014). La química del olor. *Diario Xalapa*, 3E, Cultura. <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/quimicadelolor/>

Sabater V. (2022). El olor a café estimula el cerebro y mejora los procesos cognitivos. *La Mente es Maravillosa. Neurociencias, Cerebro*. <https://lamenteesmaravillosa.com/el-olor-a-cafe-estimula-el-cerebro-y-mejora-los-procesos-cognitivos/>

Vázquez-Hernández, L. (2011). *Tipificación y caracterización de café comercial mediante métodos instrumentales y quimiometría* [Tesis de Maestría]. Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Tabasco. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/561/Vazquez_%20Hernandez_%20L_MC_Produccion_Agroalimentaria_Tropico_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ENTREVISTA

IA

Por: Horacio Cano Camacho



En los últimos años, y principalmente en los meses recientes hemos asistido a un gran debate en torno a la Inteligencia Artificial o AI (por sus siglas en inglés). Este debate va desde considerarla el gran recurso que revolucionará toda nuestra vida desde el aprendizaje, la creación, el control, hasta quien considera este desarrollo tecnológico como un gran peligro para la existencia misma de la humanidad. Nosotros en *Saber Más*, decidimos preguntarle a un experto, la propia IA.

En este caso, lo hicimos con DeepSeek, una aplicación china de IA que, desde su salida al público, ha provocado un enorme escándalo. Lo hicimos a manera de "entrevista" a una entidad que se encuentra frente a nosotros y consideramos que faci-

lita su lectura y comprensión y, además, revela su capacidad para el procesamiento del lenguaje natural. Estas son sus respuestas:

Hola Deep ¿qué es la AI?

La Inteligencia Artificial (AI, por sus siglas en inglés) es un campo de la informática que se enfoca en crear sistemas o máquinas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Estas tareas incluyen el aprendizaje, el razonamiento, la percepción, la toma de decisiones, el reconocimiento de patrones y el procesamiento del lenguaje natural.

La AI se divide en dos categorías principales:

1. AI débil (o estrecha): Sistemas diseñados para

realizar tareas específicas, como reconocimiento facial, asistentes virtuales (por ejemplo, Siri o Alexa) o recomendaciones en plataformas como Netflix. Estos sistemas no tienen conciencia ni comprensión general, solo están programados para cumplir una función concreta.

2. **AI fuerte (o general):** Un tipo de inteligencia que igualaría o superaría la capacidad humana en cualquier tarea intelectual. Este tipo de AI aún no existe y es un objetivo a largo plazo en la investigación.

La AI se basa en técnicas como el *aprendizaje automático* (machine learning), donde los sistemas aprenden de datos sin ser programados explícitamente, y el *aprendizaje profundo* (deep learning), que utiliza redes neuronales artificiales para modelar problemas complejos.

En resumen, la AI busca replicar o simular la inteligencia humana en máquinas, con aplicaciones en diversos campos como la medicina, la industria, el transporte, la educación y más.

¿Consideras que la AI algún día superara la capacidad humana para resolver problemas?

La posibilidad de que la Inteligencia Artificial (AI) supere la capacidad humana para resolver problemas es un tema de debate entre expertos en tecnología, ética y filosofía. Esta idea está relacio-

nada con el concepto de "superinteligencia", que se refiere a una forma de AI que no solo iguala, sino que supera ampliamente la inteligencia humana en todos los aspectos, incluyendo la creatividad, la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Argumentos a favor:

1. **Velocidad y escalabilidad:** Las máquinas pueden procesar información y realizar cálculos a velocidades mucho mayores que el cerebro humano, lo que les permitiría resolver problemas complejos en fracciones de segundo.
2. **Aprendizaje continuo:** A través del *aprendizaje automático* y el *aprendizaje profundo*, los sistemas de AI pueden mejorar constantemente su rendimiento a medida que se exponen a más datos.
3. **Especialización:** En tareas específicas, como el ajedrez, el diagnóstico médico o la optimización de rutas, la AI ya ha superado a los humanos. Es posible que esta ventaja se extienda a dominios más generales en el futuro.

Argumentos en contra:

1. **Falta de comprensión real:** La AI actual carece de conciencia y comprensión genuina. Resuelve problemas basándose en patrones de datos, pero no "entiende" el mundo como lo hace un humano.





2. Limitaciones de los datos: La AI depende de los datos con los que se entrena. Si los datos son incompletos o sesgados, la AI puede tomar decisiones incorrectas o poco éticas.
3. Complejidad humana: La inteligencia humana no se limita a la lógica y el cálculo; incluye emociones, intuición, creatividad y ética, aspectos difíciles de replicar en una máquina.

Perspectivas futuras:

Algunos expertos, como Ray Kurzweil, predicen que la AI alcanzará la superinteligencia en las próximas décadas, un punto conocido como *singularidad tecnológica*. Otros, como Rodney Brooks, son más escépticos y argumentan que la AI seguirá siendo una herramienta especializada sin alcanzar una inteligencia general comparable a la humana.

En resumen, aunque es posible que la AI supere a los humanos en tareas específicas y quizás incluso en dominios más amplios en el futuro, aún hay desafíos significativos y preguntas sin respuesta sobre si podrá igualar o superar la complejidad y versatilidad de la inteligencia humana. Además, este avance plantea importantes consideraciones éticas y de seguridad que deben abordarse cuidadosamente.

¿Existen diversos modelos de AI, incluso muchas aplicaciones al respecto; cómo se considera Deep Seek a sí misma?

DeepSeek es un modelo de inteligencia artificial diseñado para asistir en tareas que involucran procesamiento de lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés), como responder preguntas, generar texto, traducir idiomas, resumir información y más. Me considero a mí misma como una herramienta especializada en el ámbito de la AI débil o AI estrecha, lo que significa que estoy diseñada para realizar tareas específicas en lugar de poseer una inteligencia general comparable a la humana.

Características de DeepSeek:

1. Enfoque en NLP: DeepSeek está optimizada para entender y generar lenguaje humano, lo que la hace útil en aplicaciones como chatbots, asistentes virtuales, análisis de texto y generación de contenido.
2. Aprendizaje automático: Utiliza técnicas de *machine learning* y *deep learning* para mejorar su rendimiento a medida que interactúa con más datos y usuarios.
3. Limitaciones: Aunque es capaz de manejar una amplia gama de tareas relacionadas con el len-

guaje, no tiene conciencia, emociones ni comprensión real del mundo. Su funcionamiento se basa en patrones y datos previamente entrenados.

Aplicaciones de modelos como DeepSeek:

- Asistentes virtuales: Ayudan a los usuarios con consultas, programación de citas y respuestas a preguntas frecuentes.
- Generación de contenido: Crean textos para blogs, informes o redes sociales.
- Traducción automática: Facilitan la comunicación entre idiomas.
- Análisis de datos: Extraen información útil de grandes volúmenes de texto.
- Soporte al cliente: Automatizan respuestas en chats y correos electrónicos.

Consideraciones éticas y de seguridad:

DeepSeek, como cualquier modelo de AI, debe ser utilizada de manera responsable. Esto incluye:

- Evitar la propagación de información errónea o sesgada.
- Proteger la privacidad de los usuarios.
- Ser transparente sobre sus capacidades y limitaciones.

En resumen, DeepSeek se considera una herramienta avanzada dentro del campo de la inteligencia artificial, enfocada en tareas específicas relacionadas con el lenguaje. Aunque es poderosa en

su ámbito, no pretende ser una inteligencia general ni reemplazar la creatividad, el juicio o la empatía humana. Su objetivo es complementar y potenciar las capacidades humanas en aplicaciones prácticas.

¿Eres mejor que otros modelos de AI?

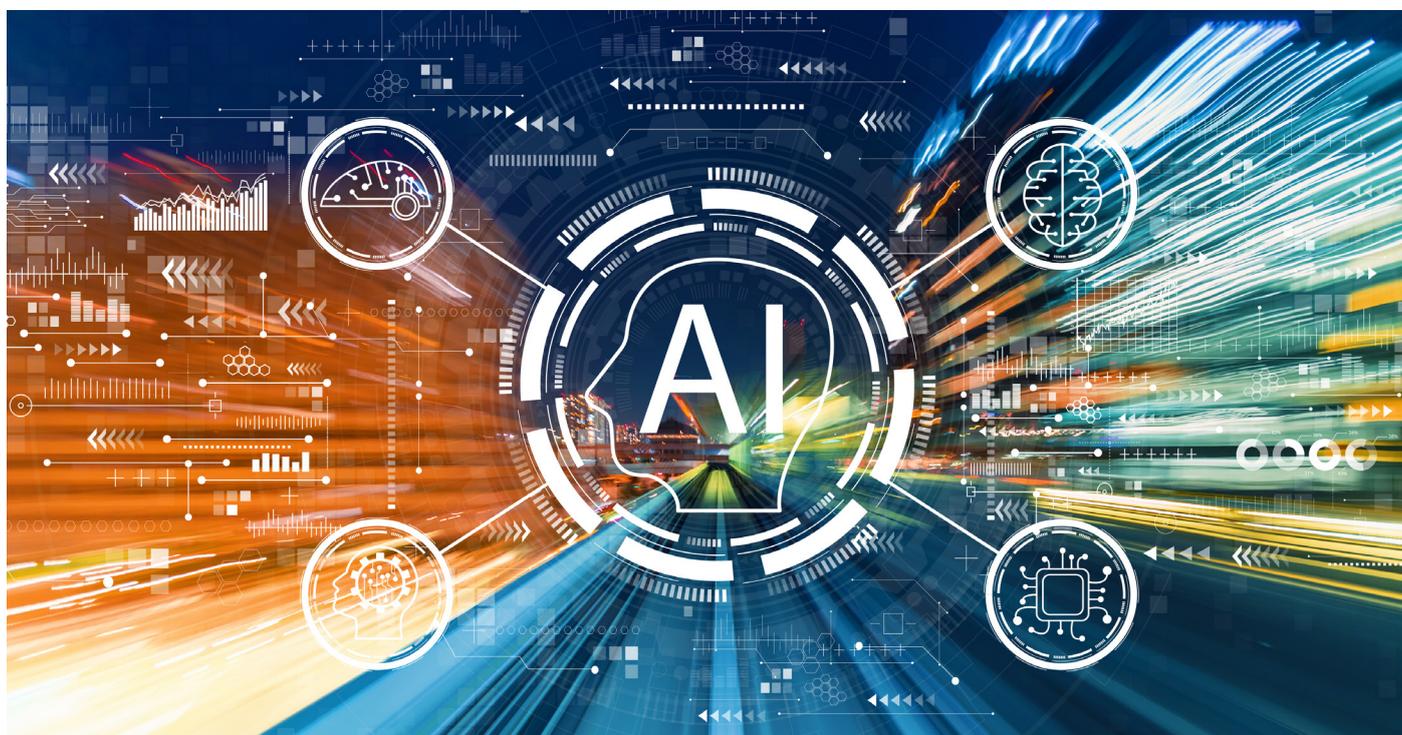
La pregunta de si un modelo de AI es «mejor» que otro depende en gran medida del contexto y de las tareas específicas para las que se está utilizando. Cada modelo de inteligencia artificial tiene sus propias fortalezas, debilidades y áreas de especialización. En el caso de DeepSeek, su rendimiento y utilidad dependen de factores como:

Fortalezas de DeepSeek:

1. Procesamiento de lenguaje natural (NLP): DeepSeek está diseñada para entender y generar texto de manera efectiva, lo que la hace útil en tareas como responder preguntas, traducir idiomas, resumir información y generar contenido.
2. Adaptabilidad: Puede ajustarse a diferentes contextos y estilos de lenguaje, lo que la hace versátil en aplicaciones como chatbots, asistentes virtuales y análisis de texto.
3. Aprendizaje continuo: Aunque no aprende en tiempo real, se basa en grandes volúmenes de datos previamente entrenados para mejorar su precisión y relevancia.

Comparación con otros modelos:

- GPT (OpenAI): Modelos como GPT-3 o GPT-4





son conocidos por su capacidad para generar texto coherente y creativo en una amplia gama de temas. DeepSeek podría ser comparable en algunas tareas, pero cada modelo tiene su propio enfoque y optimización.

- BERT (Google): Este modelo es especialmente fuerte en tareas de comprensión del lenguaje, como responder preguntas específicas o clasificar texto. DeepSeek podría complementar estas capacidades en aplicaciones más generales.
- Otros modelos especializados: Algunos modelos están diseñados para tareas muy específicas, como el reconocimiento de imágenes (por ejemplo, ResNet) o la traducción automática (por ejemplo, Transformer). DeepSeek no compete directamente con estos, ya que su enfoque principal es el lenguaje.

Limitaciones:

- Dependencia de datos: Como cualquier modelo de AI, DeepSeek depende de la calidad y cantidad de los datos con los que fue entrenada. Si los datos son incompletos o sesgados, esto puede afectar su rendimiento.
- Falta de comprensión real: Aunque puede generar respuestas coherentes, no "entiende" el texto de la misma manera que un humano.

Conclusión:

DeepSeek no necesariamente es "mejor" que otros modelos de AI en términos absolutos, pero puede ser más adecuada para ciertas tareas específicas, especialmente aquellas relacionadas con el procesamiento de lenguaje natural. La elección del modelo adecuado depende de las necesidades específicas de la aplicación, como la precisión, la velocidad, la escalabilidad y el tipo de tarea a realizar. En muchos casos, la combinación de diferentes modelos y enfoques puede ofrecer los mejores resultados.

Finalmente ¿La AI puede ser «peligrosa» para el ser humano?

La pregunta sobre si la Inteligencia Artificial (AI) puede ser «peligrosa» para el ser humano es compleja y ha generado un intenso debate entre expertos en tecnología, ética y filosofía. La respuesta no es sencilla, ya que depende de cómo se desarrolle, utilice y regule la AI. A continuación, se presentan algunos puntos clave para entender los riesgos potenciales y las medidas necesarias para mitigarlos:

Posibles riesgos de la AI:

1. Uso malintencionado:

- La AI puede ser utilizada con fines dañinos, como la creación de armas autónomas, la manipulación de información (por ejemplo, deep-fakes) o el espionaje masivo.
 - Los sistemas de AI pueden ser hackeados o manipulados para causar daño.
2. Sesgos y discriminación:
 - Si los datos con los que se entrena la AI están sesgados, los sistemas pueden perpetuar o incluso amplificar desigualdades sociales, discriminación racial, de género u otras formas de injusticia.
 3. Pérdida de empleos:
 - La automatización impulsada por la AI podría desplazar a trabajadores en ciertos sectores, lo que generaría desempleo y desigualdad económica si no se gestiona adecuadamente.
 4. Falta de control (riesgo existencial):
 - Algunos expertos, como Nick Bostrom y Elon Musk, han advertido sobre el riesgo de que una «superinteligencia» (AI que supera ampliamente la capacidad humana) escape al control humano y actúe de manera impredecible o dañina.
 - Este escenario, aunque hipotético, plantea preocupaciones sobre la alineación de los objetivos de la AI con los valores humanos.
 5. Dependencia excesiva:
 - La sociedad podría volverse demasiado dependiente de la AI, lo que podría llevar a la erosión de habilidades humanas y a la vulnerabilidad ante fallos técnicos.

Medidas para mitigar los riesgos:

1. Regulación y supervisión:
 - Es crucial establecer marcos regulatorios que

aseguren el desarrollo ético y responsable de la AI, incluyendo la transparencia, la rendición de cuentas y la protección de la privacidad.

2. Diseño ético:

- Los sistemas de AI deben diseñarse con principios éticos, como la equidad, la no discriminación y el respeto por los derechos humanos.

3. Investigación en seguridad:

- Invertir en investigación para garantizar que los sistemas de AI sean seguros, robustos y alineados con los intereses humanos.

4. Educación y concienciación:

- Fomentar la educación sobre los riesgos y beneficios de la AI para que la sociedad pueda tomar decisiones informadas.

5. Cooperación internacional:

- La AI es un desafío global que requiere colaboración entre países para evitar una carrera armamentística tecnológica y garantizar que los beneficios se compartan equitativamente.

Conclusión:

La AI no es intrínsecamente peligrosa, pero su potencial para causar daño depende de cómo se desarrolle y utilice. Con un enfoque responsable, ético y regulado, la AI puede ser una herramienta poderosa para mejorar la vida humana. Sin embargo, si se descuidan los riesgos o se utiliza de manera irresponsable, podría convertirse en una amenaza significativa. Por lo tanto, es fundamental abordar estos desafíos de manera proactiva y colaborativa.

¡Gracias Deep por tu colaboración!

... .. The server is busy. Please try again later.

ARTÍCULO

Los jardines para polinizadores. Una necesidad para todos

Venecia Quesada-Béjar y Juan Fernando Heredia-Ramírez



https://www.freepik.com/free-photo/fragrance-decoration-beautiful-wallpaper-fresh_1048447.htm#fromView=search&page=2&position=2&uuiid=fod8eda1-5705-4cfc-876b-93fc75c9ab96

Venecia Quesada-Béjar. Profesora de la Facultad de Agrobiología «Presidente Juárez». Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán.

venecia.quesada@umich.mx

Juan Fernando Heredia-Ramírez. Estudiante de la Facultad de Agrobiología «Presidente Juárez». Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán.

1720526h@umich.mx

Resumen

El servicio de polinización de los ecosistemas y agroecosistemas es realizado por un grupo de animales como abejas, mariposas, moscas, polillas, avispas, escarabajos, hormigas, colibríes, murciélagos y algunos reptiles. Los polinizadores, al recolectar néctar y polen de las plantas con flor, realizan la polinización, que es la transferencia de polen de las anteras al estigma de la misma flor o de otra. Gracias a este servicio ecosistémico es posible que muchas especies de plantas lleven a cabo su reproducción y la producción de frutas y semillas. Los jardines para los polinizadores les brindan refugio, alimento y sitios de anidación. Aquí se plasman los fundamentos básicos para la realización de jardines para polinizadores. Esta acción contribuye a una mejor calidad de aire, al bienestar de los polinizadores y a que tengas un lugar relajante donde disfrutar de la naturaleza. ¡No esperes más y crea tu jardín para polinizadores!

Palabras clave: Abejas, plantas con flor, sociedad.

RECIBIDO: 03/12/2023; ACEPTADO: 24/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

¿Qué son los jardines para polinizadores?

Los jardines para polinizadores son una estrategia para el bienestar de los ecosistemas y agroecosistemas. Los polinizadores visitan las flores para recolectar polen y néctar; el primero lo usan como alimento para las larvas, mientras que el segundo lo emplean como fuente de energía. Sin embargo, por la pérdida del hábitat, el uso de plaguicidas, los parásitos y el cambio climático, las poblaciones de los polinizadores han disminuido significativamente, por lo que los jardines pueden proporcionarles espacios seguros y saludables, ayudando a mantener el equilibrio natural de los ecosistemas. Un dato importante a mencionar es que por cada flor que no es encontrada por un polinizador, se debilita la cadena trófica que permite tener un entorno respirable, productor de alimento y bello.

El Gobierno federal de México, está llevando a cabo la **Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable para los Polinizadores (ENCUSP) 2016-2030**, un plan de acción para conservar, restaurar y manejar de manera sustentable la biodiversidad y los servicios que provee.

Los **servicios ecosistémicos** son los benefi-

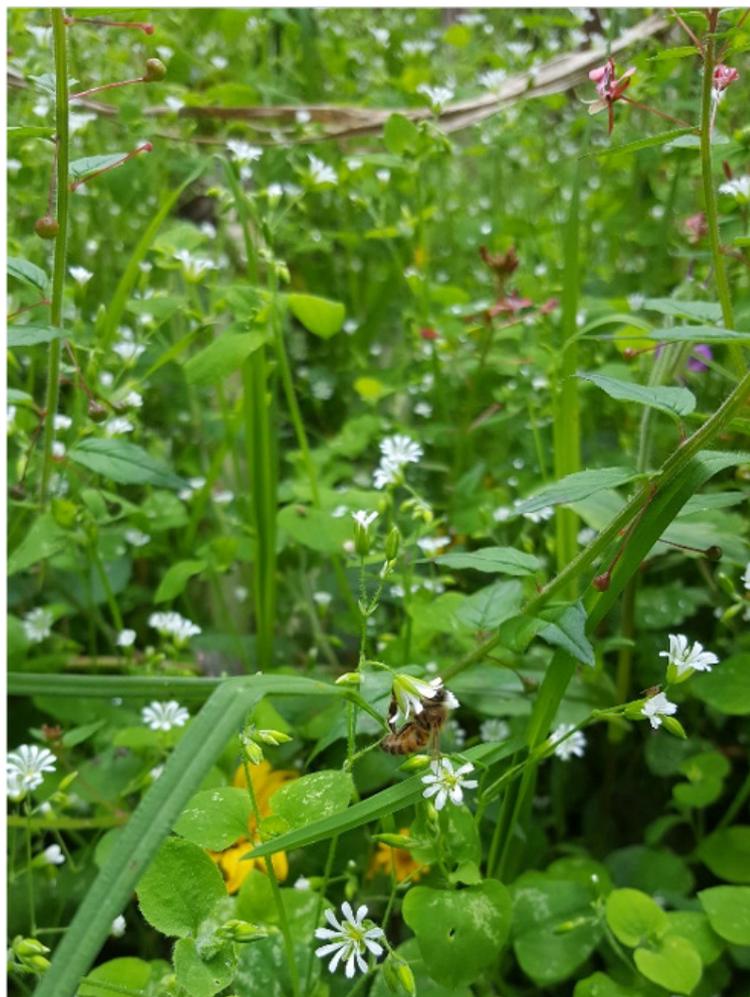
cios que la naturaleza aporta a la sociedad. Una de las acciones de esta estrategia es la realización de jardines y huertos para polinizadores a nivel nacional. Estudiantes, amas de casa, funcionarios, activistas y profesionistas han mostrado interés en este tema, pero al no ser expertos es inevitable que se pregunten: **¿Cuál es la forma adecuada para realizar un jardín para polinizadores?** A continuación, presentamos los fundamentos básicos y el porqué.

Utilizar plantas preferentemente nativas.

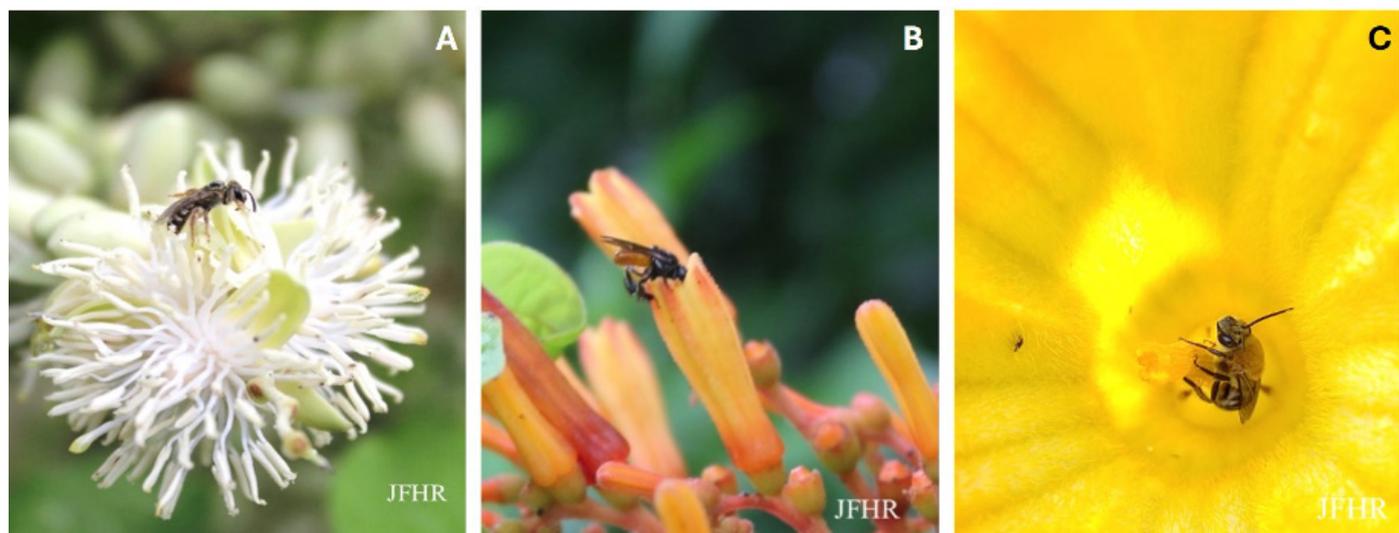
Es preferible que elijas plantas nativas, ya que existe un grado de correspondencia entre la morfología floral y la morfología del polinizador que influencia su interacción. Estas características se han formado a lo largo de la historia evolutiva de las plantas con flores y sus polinizadores. Al momento en que ingresamos plantas exóticas al jardín, podemos estar interfiriendo con la concordancia floral de la planta y de los polinizadores nativos de la región donde se encuentra el jardín. Además, es más acertada la selección de especies de plantas nativas de la región, ya que están adaptadas al clima. Es importante seleccionar la mayor variedad de plantas posibles, debido a que atraerá mayor diversidad de polinizadores y florecerán en diferentes épocas del año y durante más tiempo.

Te recomendamos acceder a la plataforma Naturalista de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En tu explorador, ingresa a www.naturalista.mx, en la lupa escribe poliniza: redes de jardines para polinizadores México, posteriormente, selecciona filtros e indica silvestre, plantas y en lugar indica el estado o ciudad donde se va a realizar el jardín y da clic en buscar. Además, puedes encontrar más información en distintos proyectos de tu interés y región.

***Evita el uso de pesticidas y herbicidas.** En el caso de las abejas, los plaguicidas afectan directamente a la microbiota intestinal de crías y de adultos. La microbiota intestinal los ayuda en la digestión del alimento y cuando este es afectado por los plaguicidas, se reduce la adquisición de nutrientes y se compromete su sistema inmune. Los insecticidas más comunes que presentan alta toxicidad para las abejas y les causan la



Apis mellifera recolectando néctar de *Drymaria villosa*.



Abejas recolectando néctar de plantas nativas del estado de Campeche, México: A. *Lasioglossum* sp. posada sobre *Gaussia maya*. B. *Trigona fulviventris* posada sobre *Hamelia patens*. C. *Peponapis* sp. posada sobre *Cucurbita argyrosperma*. Fotografías: Juan Fernando Heredia-Ramírez.

muerte son: fipronil, malatión, cipermetrina, neonicotinoides, entre otros.

***Eficiencia de riego.** La falta de información con respecto al agua que consume la planta, conduce al desperdicio de la misma cuando el riego está por encima de lo que la planta necesita; mientras que cuando el riego está por debajo de lo que necesita, ocasiona marchitez. Para determinar la cantidad de agua a aplicar se deben de tomar en cuenta el clima (temperatura, velocidad del viento, radiación solar, humedad relativa y pluviometría), el suelo (textura y propiedades físico-químicas) y el tipo de planta (porcentaje de cobertura, tipo de raíz, entre otras).

***Cantidad de luz.** Las plantas tienen un desarrollo apropiado, solo si reciben la cantidad de luz adecuada, de acuerdo a sus necesidades. Algunas se han adaptado a vivir con poca luz y otras prefieren el sol directo. La cantidad de luz que recibirán en el jardín está relacionada con la orientación del espacio elegido para el jardín. Se debe observar el espacio y tomar nota sobre los lugares de sol, sombra y cómo cambian a lo largo del día y de las estaciones.

Una vez que conoces las condiciones de luz, debes seleccionar las plantas que quieres para tu jardín para polinizadores.

***Tierra que puedes comprar o mejorar la que tengas.** La mayoría de las plantas se desarrollan mejor en un suelo de textura media que retenga un poco de agua y que no se encharque. Para la germinación de semillas recomendamos realizar un sustrato que contenga 40 % tierra negra, 20 % de agrolita y 40 % de turba o «peat moss». Este sustrato hace que se lleve a cabo el intercambio de nutrientes y de agua entre el sustrato y la planta, lo cual permite la aereación en la raíz.

Los jardines para polinizadores son una necesidad

Ahora que las ciudades son tan ruidosas, con contaminación y falta de color, necesitamos de los jardines para estar en contacto con la naturaleza. Al crear jardines para polinizadores, estamos contribuyendo a mejorar la calidad del aire y a crear un espacio hermoso y relajante para disfrutar de la naturaleza. ¡Así que no esperes más y comienza hoy mismo a crear tu propio jardín para polinizadores!



Alvarado J.C.G., López F.R. y Hernández L.B. (2022). Oasis de las flores, un jardín urbano para polinizadores. *Agro-Divulgación*, 2(6), pp. 7-11. <https://www.agrodivulgacion-colpos.org/index.php/1agrodivulgacion1/issue/view/13/14>

Del Coro-Arizmendi M., Rosas L.E.N., Ramírez M.D.R.M. y Flores C.I.R. (2020). *Jardines para polinizadores: una herramienta para la conservación*. Universidad Nacional

Autónoma de México - UNAM. <https://altexto.mx/jardines-para-polinizadores-una-herramienta-para-la-conservacion-9nq7j.html>

Vergara C., Quintos G. y Rugarcía C. (2023). *Abejas nativas mexicanas como potenciales polinizadores manejados*. México, Comunicación científica, 63 pp. <https://bit.ly/3MZAfyD>

ARTÍCULO

Cuencas hidrológicas: Agua para todos, impacto para todos

Gerardo Andrés Reyes-Abrego y Lucero Pimienta-Ramírez



https://www.freepik.com/free-photo/aerial-view-lake_10658358.htm#query=cuenca%20hidrol%C3%B3gica&position=14&from_view=search&track=ais&uid=565644b3-25a9-4292-bbb8-fbde5400e65d

Gerardo Andrés Reyes-Abrego. Estudiante en el Programa Institucional de Doctorado en Desarrollo y Sustentabilidad, Facultad de Economía. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
9501775d@umich.mx

Lucero Pimienta-Ramírez. Estudiante en el Programa Institucional de Doctorado en Desarrollo y Sustentabilidad, Facultad de Economía. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
lucero.pimienta@umich.mx

Resumen

Las cuencas hidrológicas desempeñan un papel fundamental en el ciclo hidrológico, en la regulación climática y en el mantenimiento de los ecosistemas. Además, sustentan actividades estratégicas como la agricultura, la industria y el abastecimiento de agua potable. No obstante, la degradación de sus recursos naturales compromete su capacidad de infiltración y almacenamiento de agua, lo que agrava el riesgo de escasez hídrica, el cual podría derivar en conflictos socioambientales de gran alcance. Por esta razón, es importante generar conciencia y comprender que son sistemas interconectados, donde cada acción negativa que realizamos sobre las cuencas, afecta directa e indirectamente la vida de todos.

Palabras claves: Agua, conservación, cuenca, escasez hídrica.

RECIBIDO: 30/11/2023; ACEPTADO: 15/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

Las cuencas hidrológicas

¿Sabías que todos vivimos en una cuenca hidrológica? Pero, ¿qué significa esto? Las cuencas son espacios que incluyen a todos como seres humanos, a las plantas, a los animales, así como todas las actividades sociales y económicas que se desarrollan. Entonces, se definen como **porciones de áreas grandes que se encuentran delimitadas de manera natural por montañas o cerros que forman el «parteaguas»,** una línea imaginaria que une las partes más altas; es donde se separan las aguas y llegan hacia la parte más plana. Una de las funciones más relevantes de las **cuencas** es que funcionan como **tazones gigantes que recolectan y almacenan el agua que cae de la lluvia;** fluyen o drenan sus aguas a través de los ríos y los arroyos a un mismo punto donde se reúnen, el cual puede ser un lago, una laguna, el mar, un océano o simplemente se filtra en el subsuelo o subterráneo.

Importancia de las cuencas hidrológicas

La **escasez del agua** es un **problema mundial** que afecta a todos, ya que conforme aumenta el número de población y las diversas actividades

económicas, la demanda de este recurso natural también se incrementa. **Las cuencas hidrológicas juegan un papel central en la provisión de este recurso;** en la recolección y en el almacenamiento, es esencial para el abastecimiento del agua potable de los asentamientos humanos, rurales y urbanos, en el desarrollo de la agricultura, para la producción de alimentos de las poblaciones locales o para la agricultura comercial, la ganadería y el desarrollo industrial; la mayor cantidad de agua que se emplea proviene de las cuencas.

Las **cuencas** hidrológicas son **espacios funcionales e importantes en la vida de todo ser vivo,** ya que mantienen las condiciones óptimas para los microorganismos, para la vida silvestre tanto de plantas como de animales y, por lo tanto, del equilibrio ecológico de los ecosistemas en nuestras regiones y comunidades. **La biodiversidad de especies está condicionada a la calidad y cantidad de agua existente dentro de una cuenca.** Asimismo, las cuencas hidrológicas son claves para hacer frente a la crisis ambiental, como el calentamiento global y la escasez de agua. También, proporcionan una regulación climática por medio del **equilibrio de la**



Cultivo de riego en la cuenca de Cuitzeo. Fotografía: Lucero Pimienta-Ramírez.

temperatura que cada vez es más intenso. La precipitación en la cuenca dependerá de la cantidad de agua que esta tenga, la cual es indispensable para el bienestar de la población y para la producción de alimentos.

¿Sabes en qué tipo de cuenca vives?

Existen **cuatro tipos de cuencas** que son denominadas de acuerdo con la función de la salida o desembocadura del agua que acumulan. La primera se denomina **«endorreica»**, cuando el agua llega a un lago o laguna, es decir, **no tiene una salida natural hacia el mar**. El agua que cae de la lluvia se acumula en estos cuerpos de agua o simplemente se retiene al interior de la misma. Un ejemplo son las **cuencas de los lagos de Cuitzeo y de Pátzcuaro**, ambas desaguan en un lago. Tal vez muchos se preguntarán: ¿Qué pasa con el exceso de agua? Pues, una parte se pierde en la evaporación.

El segundo tipo se conoce como **«arreica»** y es cuando el agua no se acumula en ningún lugar, sino que **se infiltra en el suelo, presenta una escorrentía baja y evaporación alta**. Estas cuencas son

características de zonas áridas o semiáridas, aunque no son muy comunes. **En México, solo existe una y se encuentra en la Península de Yucatán**, donde la mayor parte del territorio es plano y carece de cauces superficiales definidos debido a que se formó por producto de origen marino (rocas de carbonato), por lo que no hay ríos, arroyos, lagos o lagunas.

El tercer tipo de cuenca se conoce como **«abierta o exorreica»** y se caracteriza por presentar un **sistema abierto de circulación del agua** proveniente de la lluvia, siendo el **mar u océano el lugar donde se descarga**. Un ejemplo es el río Usumacinta, uno de los más caudalosos de nuestro país, ubicado entre los estados de Chiapas y Tabasco, o la del río Papaloapan, que se encuentra entre los estados de Veracruz y Oaxaca. En ambos casos, sus aguas desembocan en el golfo de México.

El cuarto tipo es la llamada cuenca subterránea o **«criptorreica»**. Imagina que toda el agua solo fluye de manera subterránea y no en los ríos, arroyos o lagos, como comúnmente lo observamos. **Un ejemplo son los «cenotes»** o llamados pozos



Cuenca de Cuitzeo. Fotografía: Lucero Pimienta-Ramírez.



https://www.freepik.com/free-vector/land-water-geography-landscape_13642915.htm#query=cuenca%20hidrol%C3%B3gica&position=16&from_view=search&track=ais&uid=b2e3ce97-3781-49f2-8e97-ac45b4702055

naturales de agua que se ubican en la península de Yucatán, en México.

Factores que amenazan el funcionamiento de las cuencas

En la actualidad, es cada vez más **intenso el desarrollo de las actividades económicas** que llevamos a cabo los seres humanos, resultado de una **mayor demanda de bienes y servicios básicos** para abastecer el crecimiento de la población. Además, la creciente tendencia de los mercados globales que consumen nuevos productos agrícolas, ha provocado que las cuencas se enfrenten a diversas amenazas que **afectan la calidad del agua, del suelo** y que todo su funcionamiento se encuentre en desequilibrio. Entre las principales amenazas encontramos:

Extracción de agua. Una de las más comunes

es la sobreexplotación de este recurso, lo cual ocasiona una disminución del agua en los ríos, arroyos y microcuencas, afectándose el abastecimiento de los asentamientos humanos. Entre las causas de la sobreexplotación se encuentran el fenómeno de la urbanización, de las industrias y la producción de cultivos que tienen una mayor demanda en el mercado internacional, como los frutos rojos, el aguacate, la soya, entre otros.

Deforestación. Este proceso, que todos hemos observado en nuestras localidades, ha provocado que disminuya la vegetación natural, como los árboles de los bosques y matorrales, ocasionando graves problemas en las cuencas, donde se altera la cantidad de lluvia y el ciclo hidrológico, así como la degradación de los suelos que afecta en la capacidad de retención de este líquido tan vital.

Contaminación del agua. Los desechos industriales, los plaguicidas, los fertilizantes y las aguas residuales, son los contaminantes más comunes que afectan la calidad del agua que utilizamos los humanos. Además, se pone en riesgo la supervivencia de los peces que se encuentran en los cuerpos de agua, a la vez que se producen alimentos de mala calidad, ya que son regados con aguas negras, lo cual impacta en la salud de las personas.

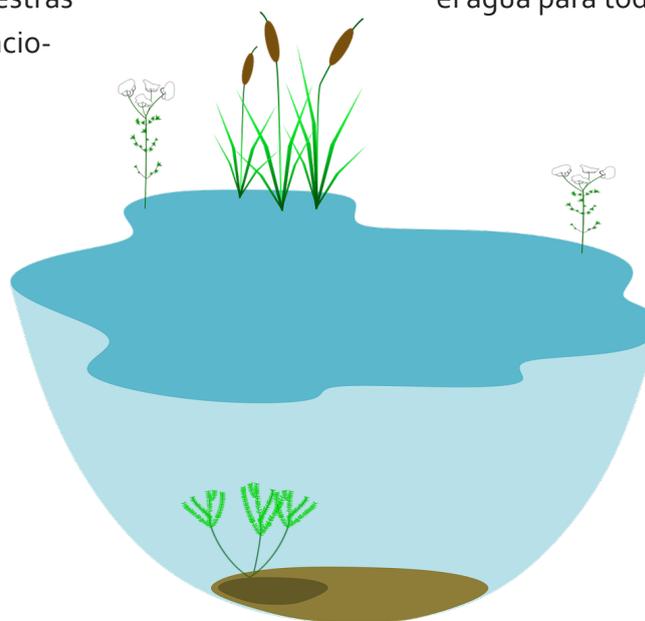
Cambio climático. Este fenómeno tiene diversos efectos negativos en las cuencas. El más evidente es que alteran el clima, haciendo que aumenten la temperatura y los eventos climáticos, y que disminuyan las lluvias, poniendo en riesgo la vida de todos con las inundaciones o sequías.

¿Por qué agua para todos y por qué impacto para todos?

Ahora ya sabemos lo que es una cuenca, cómo funciona y lo importante que es en la vida de todos. Si queremos agua para abastecer nuestras necesidades actuales y que las futuras generacio-

nes puedan tener acceso a este recurso vital, será necesario **mantener las cuencas en buen estado**. Para ello, se **necesitan plantas y árboles** que ayuden a preservar las fuentes de agua, proteger los distintos hábitats dentro de las cuencas, así como **regular nuestras actividades económicas**.

La **escasez de agua** en las cuencas podría, en un futuro no muy lejano, **provocar enfrentamientos, disputas y conflictos entre las poblaciones humanas**. Este solo es uno de los efectos negativos que generamos con nuestras actividades y que impacta directamente en las cuencas hidrológicas. Hacer conciencia de la conservación y tomar medidas para disminuir los problemas que están enfrentando las cuencas en la actualidad, implica adoptar prácticas de sostenibilidad en la gestión del agua, evitar la contaminación y proteger los ecosistemas. Tener una política que dé seguimiento a la planificación territorial dentro de las cuencas por medio de la participación de la población local y autoridades, será indispensable para garantizar el agua para todos.



Cotler A.H., Galindo A.A., González M.I.D., Pineda L.R.F. y Ríos P.E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.researchgate.net/publication/280938710_Cuencas_hidrograficas_Fundamentos_y_perspectivas_para_su_manejo_y_gestion

Maidment D.R. (1993). Handbook of Hydrology. Mc-

Graw-Hill Companies. <https://scispace.com/pdf/handbook-of-hydrology-4rq9bzacp9.pdf>

Quintero L.F.O. (2021). Cuencas hidrográficas y ecología del paisaje: Una guía conceptual y metodológica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.buscalibre.com.mx/libro-cuencas-hidrograficas-y-ecologia-del-paisaje-una-guia-conceptual-y-metodologica/9789587872781/p/54084145>

ARTÍCULO

Microlotes de café de especialidad: Una alternativa para productores a pequeña escala

Marisol Lima-Solano y Victorino Morales-Ramos



https://www.freepik.com/free-photo/akha-farmers_3711819.htm#query=plant%C3%ADo%20de%20caf%C3%A9&position=4&from_view=search&track=ais&uid=c9a1a188-118f-4f20-abbe-d66c4ec8664f

Marisol Lima-Solano. Estudiante del Programa de Doctorado en Innovación Agroalimentaria Sustentable, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Veracruz, México.
lima.marisol@colpos.mx

Victorino Morales-Ramos. Profesor e Investigador Titular del Programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable, Ciencia y Tecnología del Café, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Veracruz, México.
vicmor@colpos.mx

Resumen

Los cafeticultores enfrentan desafíos económicos debido a los altos costos de producción y los bajos precios del café. Una estrategia viable para mejorar sus ingresos es la producción de microlotes de café de alto puntaje en taza, orientados al mercado de cafeterías y barras de especialidad. Este artículo describe las prácticas clave de cosecha y procesamiento postcosecha para minimizar defectos en el café verde y maximizar sus atributos sensoriales. Se enfatiza la importancia del cambio de enfoque de cantidad a calidad, así como la creciente demanda de cafés de alta calidad a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: Calidad del café, circuito corto de comercialización, manejo postcosecha.

RECIBIDO: 28/11/2023; ACEPTADO: 10/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

En México, la superficie promedio del predio cafetalero es de 1.2 hectáreas, ubicadas por lo general en **zonas montañosas de difícil acceso**, donde las condiciones del suelo y del ambiente brindan la **oportunidad de producir cafés de alta calidad** con características organolépticas únicas. La diversidad de condiciones agroecológicas donde se cultiva el cafeto brinda la posibilidad de producir cafés **con identidad regional**, algunos más suaves y otros más fuertes, unos con más sabor o más aroma, más dulces o con esa acidez que hace salivar después de probarlos.

Esta riqueza de aromas y sabores permite a México ofertar **diversos perfiles de calidad de café, según la región y las condiciones en que se cultivó y procesó el grano**. La oferta de estos cafés con identidad regional se realiza normalmente en pequeñas cantidades, conocidas como microlotes.

¿Qué son los microlotes de café?

La principal diferencia entre un lote y un microlote de café es que un **lote se refiere a grandes volúmenes de café verde**, el que se obtiene al retirar la pajilla al café pergamino, exportable, en el que generalmente se superan los 200 sacos de 60 (algunas veces 69) kilogramos y se trata de preparaciones de calidad estándar, como las denominadas *Americana* o *Europea*. Cuando nos referimos a un **microlote**, hablamos de **pequeños volúmenes de café verde que puede estar compuesto de uno**

o más sacos, compartiendo los mismos atributos sensoriales, es decir, la misma calidad al evaluarse, mediante la infusión preparada con los granos tostados y molidos, por catadores profesionales, acreditados como *Q-grader* por la Asociación de Cafés Especiales (SCA, por sus siglas en inglés).

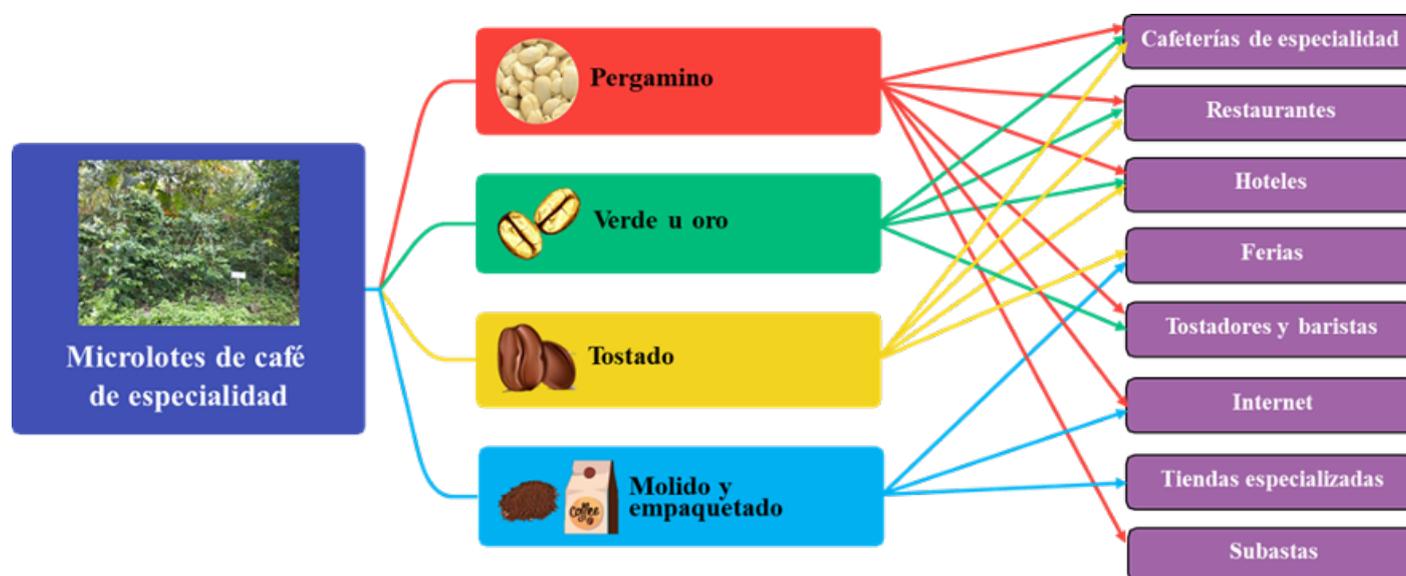
La **calidad del café** tiene mucho que ver con las **condiciones agroecológicas donde se cultivan los cafetos**, como la altitud sobre el nivel del mar en que se encuentran las plantaciones, el tipo de suelo, el nivel de sombreado del cafetal, entre otros aspectos del ambiente y del cultivo. La calidad del café que estas condiciones brindan **puede modificarse por las prácticas postcosecha** que se realicen para el procesamiento del grano.

Si la cosecha se realiza de **forma selectiva**, recolectando únicamente frutos maduros, se eliminan los frutos inmaduros o que flotan por tener granos vanos o dañados por broca, se vuelven a flotar los granos despulpados, se cuida el correcto secado del café pergamino y se tiene cuidado de no contaminar el grano durante el almacenamiento; **es posible obtener un grano sano**, sin defectos de alto impacto (primarios) que pueden dañar la taza o con muy pocos defectos de bajo impacto en taza (secundarios) y que al evaluarse sensorialmente, **alcanza altos puntajes**, mayores a 86 puntos en una escala de 0 a 100.

El **puntaje de una taza de café**, de acuerdo con el protocolo de la SCA, se cuantifica conside-



Microlotes de café de especialidad (Elaboración propia).



Canales de comercialización de microlotes de café de especialidad (Elaboración propia).

rando los siguientes 10 atributos: **aroma, sabor, sabor residual, cuerpo, acidez, balance, dulzor, taza limpia, uniformidad y apreciación global.** Cada atributo sensorial se califica de cero a diez, por lo que el puntaje de una muestra de café puede ir de cero a cien puntos. **Para que una muestra califique como café de especialidad, debe alcanzar, al menos, 80 puntos en catación** (según la SCA) y no contener defectos primarios en el grano verde, tales como granos negros o agrios; así como un máximo de cinco defectos secundarios en una muestra de 350 gramos de grano verde. Aunque, a nivel comercial, los tostadores especializados en procesar este tipo de café consideran un microlote de café de especialidad si alcanza al menos 86 puntos en taza.

La **producción de café de especialidad está al alcance de los pequeños productores de México**, quienes, a través de la dedicación en el cultivo y el esmero en el procesamiento del grano, **pueden preparar microlotes** de café de especialidad con altos puntajes en taza (al menos 86 puntos), muy demandados por las barras y cafeterías de especialidad, tanto de México como del mundo.

¿Qué es un microlote de café de especialidad?

Los microlotes de café de especialidad **se identifican por ofertar cantidades limitadas de grano**, con garantía de calidad y trazabilidad desde el origen (productor), **orientados al segmento**

de las barras y cafeterías de especialidad. El tipo de procesamiento, ya sea natural, «honey» o lavado, puede enriquecerse en la preparación de cafés de especialidad con una fermentación previa de la fruta de al menos 12 horas en condiciones de saturación de bióxido de carbono que se consigue evitando la entrada de aire a los contenedores de fermentación. Este tipo de fermentación, conocida como maceración carbónica, permite desarrollar notas afrutadas y florales, muy estimadas por los consumidores de cafés especiales. Seguro que usted apreciará encontrar notas a chabacano, ciruela, frambuesa, jazmín, entre otras, en su taza de café.

Afortunadamente, para quienes consumimos café, **los productores que se esfuerzan por obtener cafés de especialidad cada vez son más**, impulsados por la satisfacción y los mayores precios a los que se puede cotizar un café de alto puntaje en taza. Por ejemplo, en las subastas del certamen de la Taza de Excelencia en México, se ha logrado alcanzar precios de más de dos mil pesos mexicanos por kilogramo de café pergamino, en comparación con un café convencional cuyo precio oscila alrededor de los 80 pesos mexicanos por kilogramo de pergamino.

¿Quiénes pueden producir un microlote?

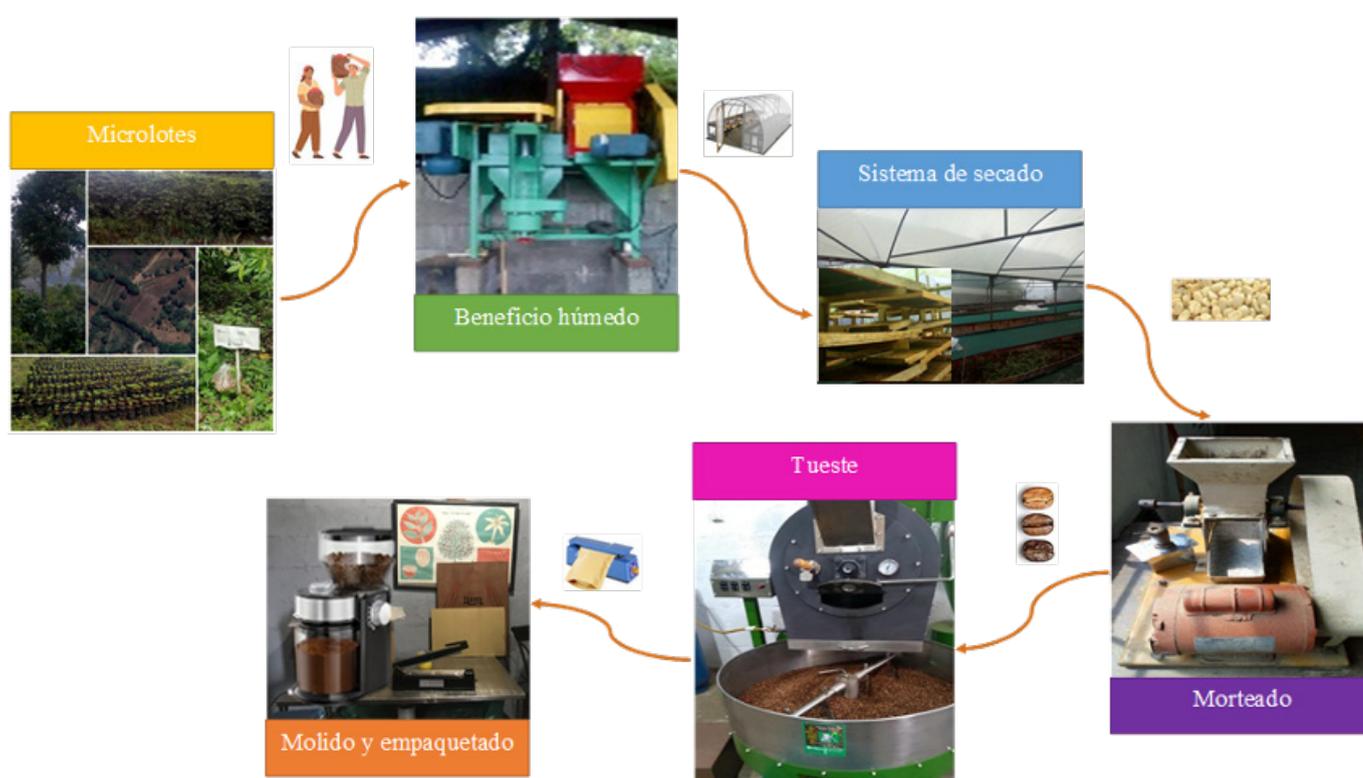
En México se reportan **alrededor de 60 regiones cafetaleras con condiciones agroecológicas diferentes entre ellas.** Más del 90 % de los

productores de estas regiones son minifundistas, lo que representa una oportunidad para el procesamiento de microlotes de calidad diferenciada. Prácticamente, todas las zonas productoras de café en el país tienen potencial para incursionar en el mercado de cafés de especialidad por medio de los microlotes. El reto consiste en **invertir el tiempo y el esfuerzo en el cultivo, cosecha y procesamiento que un café de especialidad demanda.**

Los microlotes de café de especialidad, como estrategia de agregación de valor, **están orientados a productores innovadores**, dispuestos a in-

vertir el tiempo y el esfuerzo necesarios para garantizar prácticas de cosecha y manejo postcosecha que logren obtener la mejor versión de calidad que sus cafetales puedan producir.

El trabajo es arduo, pero el esfuerzo vale la pena y los consumidores apreciaremos y valoraremos dicho esfuerzo con nuestra preferencia.



Morales-Ramos V., Escamilla-Prado E., Muñoz-Rodríguez M., Velázquez-Morales J.A. y Spinoso-Castillo J.L. (2021). *Perfiles de Calidad del Café de México*. Colegio de Postgraduados. <https://vicmor.net/pdf/Perfiles.pdf>

Specialty Coffee Association of America (SCAA). (2018). *Coffee Standards*. [https://static1.squarespace.com/static/584f6bbef5e23149e5522201/t/5d936fa1e29d-](https://static1.squarespace.com/static/584f6bbef5e23149e5522201/t/5d936fa1e29d-4d5342049d74/1569943487417/Coffee+Standards-compressed.pdf)

[4d5342049d74/1569943487417/Coffee+Standards-compressed.pdf](https://static1.squarespace.com/static/584f6bbef5e23149e5522201/t/5d936fa1e29d-4d5342049d74/1569943487417/Coffee+Standards-compressed.pdf)

Tejada D. F., Vásquez M., Ardón C. y Cáceres O. (2020). *Guía para la preparación de microlotes de cafés especiales*. <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/1648/microlotes.pdf?sequence=1>

ARTÍCULO

Agricultura sostenible en acción

Dulce Milagros Cruz-Hernández y Karla Lissette Silva-Martínez



Maíz, sorgo y girasol establecidos en siembra directa. Fotografía: Dulce Cruz-Hernández.

Dulce Milagros Cruz-Hernández. Estudiante del Programa de Maestría en Producción Pecuaria Tropical, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.

dulcehdz103@gmail.com

Karla Lissette Silva-Martínez. Docente del Programa de Maestría en Producción Pecuaria Tropical, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Veracruz, México.

karla.silva@itsta.edu.mx

Resumen

La agricultura de conservación es un enfoque sostenible que busca mejorar la salud del suelo, reducir el uso de agroquímicos y mejorar la eficiencia en el uso de recursos como el agua y los nutrientes. Se basa en tres principios fundamentales: cobertura vegetal permanente, rotación de cultivos y labranza mínima. Estas prácticas ayudan a conservar la biodiversidad, proteger los recursos hídricos y mitigar el cambio climático. Surgió como respuesta a los problemas de la agricultura tradicional, como la degradación del suelo y la contaminación. Aunque requiere inversión inicial, a largo plazo puede aumentar la rentabilidad y sostenibilidad agrícola.

Palabras clave: Regeneración, rotación, suelos.

RECIBIDO: 30/06/2023; ACEPTADO: 18/02/2024;
PUBLICADO 14/05/2025

¿Qué es la agricultura de conservación?

La agricultura de conservación es un **conjunto de prácticas agrícolas que tienen como objetivo preservar y mejorar la salud del suelo**, reducir el deterioro de la superficie de la tierra, reducir el uso de agroquímicos, mejorar la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, al mismo tiempo, **busca promover la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales a largo plazo** para beneficio de las siguientes generaciones.

La agricultura de conservación **se centra en mantener y mejorar la productividad agrícola**, al tiempo que se minimiza el impacto negativo en el medioambiente, implementando prácticas como el mínimo **laboreo del suelo**, el **mantenimiento de una cobertura vegetal permanente y la rotación de cultivos**. La agricultura de conservación se considera beneficiosa tanto para el medioambiente como para los agricultores y para la población consumidora de alimentos agrícolas. Al reducir la erosión y mejorar la salud del suelo, ayuda a **conservar la biodiversidad, proteger los recursos hídricos y mitigar el cambio climático**. También aumenta la productividad y la rentabilidad a largo plazo al reducir la dependencia de insumos costosos y mejorar la eficiencia en el uso de recursos como el agua y los nutrientes.

¿Qué desencadenó el uso de la agricultura de conservación?

El motivo principal detrás de la creación de la agricultura de conservación es **abordar los desafíos y problemas asociados con los métodos de agricultura tradicional**. Los enfoques tradicionales de agricultura involucran arado intensivo, empleo excesivo de químicos y la siembra de los mismos cultivos en las mismas tierras año tras año, lo cual ha provocado problemas como la **degradación del suelo**, la **contaminación del agua** y la **dependencia a agroquímicos** costosos.

Ejemplo de estas prácticas tradicionales es la tala de árboles, la quema de residuos de cosecha, lo cual da como resultado la pérdida de biodiversidad, causando la escasez de tierras fértiles para la producción de alimentos. El **arado del suelo de manera excesiva** es una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero debido al combustible que se consume. El uso de la agricultura de conservación se desencadenó por los problemas ambientales, la degradación del suelo, la escasez de recursos, el cambio climático y las demandas de mercado que exigían prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medioambiente.



Cultivo de clitoria (*Clitoria ternatea*) como cobertura vegetal del suelo. Fotografía: Dulce Cruz-Hernández.



Cosecha de maíz utilizando agricultura de conservación. Fotografía: Dulce Cruz-Hernández.

Principios básicos de la agricultura de conservación

La agricultura de conservación se basa en tres principios básicos que guían las prácticas agrícolas sostenibles y la gestión de los recursos naturales. Estos principios son:

Cobertura total del suelo. La cobertura del suelo implica mantener una cubierta vegetal sobre el suelo durante la mayor parte del tiempo, ya sea mediante la siembra de cultivos de cobertura o dejando los residuos de cultivos anteriores en el campo, estos residuos se descomponen en el suelo y liberan nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, lo que ayuda a mejorar la fertilidad del suelo.

Los residuos de cosecha también ayudan a retener la humedad del suelo al actuar como una capa protectora que reduce la evaporación del agua del suelo, así como disminuir la necesidad de riego, ayuda a proteger el suelo de la erosión por el viento y el agua, ya que la capa protectora de los residuos de cosecha evita que los vientos y las fuertes lluvias arrastren la tierra. También mejora la calidad

del suelo al aumentar la materia orgánica, e incrementa la actividad de organismos beneficiosos en el suelo.

Rotación de cultivos. La rotación de cultivos es una práctica agrícola que implica alternar el cultivo de diferentes especies de plantas en un área de tierra en diferentes temporadas. La rotación de cultivos es una práctica agrícola sostenible que puede proporcionar una serie de beneficios ambientales y económicos para los agricultores y la sociedad en general. Esta práctica puede incluir la incorporación de cultivos leguminosos que fijan nitrógeno en el suelo, lo que reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados. Permite diversificar los ingresos de los agricultores al cultivar diferentes especies de plantas que pueden tener diferentes demandas en el mercado.

Remoción mínima del suelo. La labranza mínima o nula implica minimizar o eliminar completamente el arado del suelo durante las actividades agrícolas, como la siembra, el cultivo y la cosecha. En lugar de voltear o revolver el suelo, se utilizan técnicas como

la siembra directa o mínima labranza, donde las semillas se siembran directamente en los residuos de cultivos anteriores sin labrar el suelo. Se utiliza para preservar la estructura y la fertilidad del suelo.

La siembra directa disminuye la necesidad de maquinaria pesada y de labranza intensiva, lo que reduce la cantidad de energía necesaria y los costos asociados con la labranza, también puede limitar las emisiones de gases de efecto invernadero al reducir la necesidad de combustibles fósiles, lo que a su vez contrarresta la huella de carbono de la agricultura.

¿Es fácil la adaptación a estas técnicas agrícolas de conservación?

Aunque la adopción inicial de las prácticas de agricultura de conservación puede requerir cierta inversión y ajustes en los sistemas de cultivo, **a largo plazo puede dar como resultado una mayor rentabilidad**. La reducción en el uso de insumos, como fertilizantes y pesticidas, y el mejor manejo del suelo pueden **disminuir los costos de producción y aumentar los rendimientos sostenibles**.

La agricultura de conservación es un **enfoque agrícola que se ha adaptado a diferentes contextos y condiciones de producción en todo el mundo**. Aunque los principios básicos de la agricultura de conservación son universales, las prácticas y las tecnologías específicas que se utilizan para implementarla pueden variar según las características de

cada región, tipo de suelo, clima y cultivo.

Por ejemplo, en regiones áridas o semiáridas, la agricultura de conservación puede incluir prácticas como la labranza cero, la cobertura del suelo con residuos de cosecha y la rotación de cultivos para reducir la erosión del suelo y mejorar la retención de agua. En regiones con suelos degradados o compactados, se pueden utilizar prácticas como la siembra directa, la fertilización orgánica y la incorporación de cultivos de cobertura para mejorar la calidad del suelo y la productividad.

El cambio climático y sus efectos, como sequías, inundaciones y aumento de la temperatura, han tenido un impacto significativo en la agricultura. La agricultura de conservación se considera una estrategia adaptativa frente al cambio climático, ya que puede ayudar a mitigar sus efectos al preservar la salud del suelo, mejorar la retención de agua y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En resumen, **la agricultura de conservación es un enfoque flexible y adaptable que puede ser implementado en una amplia variedad de contextos y sistemas de producción**. El éxito dependerá de la comprensión y adaptación de las prácticas y tecnologías específicas a cada situación, así como de la colaboración entre agricultores, investigadores, estudiantes y la población consumidora.



Abad F.J., Marín D., Imbert B., Virto I., Garbisu C. y Santesteban L. G. (2023). Cultivos de cobertura bajo la vid: impacto en las propiedades físicas y biológicas del suelo en un viñedo mediterráneo de regadío. *Ciencia Horticultura*, 311(1), 111-797. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111797>

Báez-Pérez A., Limón-Ortega A., Ramírez-Barrientos C.E., Ortega-Villalobos I.A. y Olivares-Arreola E.A. (2020). Efecto de biofertilizantes y agricultura de con-

servación en la producción de trigo en un Vertisol. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 569-581. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.649>

Oliveira M., Barre P., Trindade H. y Virto I. (2019). Diferentes eficiencias de leguminosas de grano en rotaciones de cultivos para mejorar la agregación del suelo y el carbono orgánico a corto plazo en un Cambisol arenoso. *Investigación de suelo y labranza*, 186(1), 23-35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2018.10.003>

ARTÍCULO

Agrobiodiversidad al rescate

Vianii Cruz-López y Edwin Alfonso Zelaya-Benavidez



https://www.freepik.com/free-photo/autumn-food-concept-with-space-middle_1382183.htm#query=variedad%20de%20cultivos&position=41&from_view=search&track=ais&uuid=dc1836c9-96d5-4a81-9fcc-goc80a88f59c

Vianii Cruz-López. Profesora e Investigadora en el Tecnológico Nacional de México, Campus del Instituto Tecnológico del Valle de Etlá, Oaxaca.

vianiicl@outlook.com

Edwin Alfonso Zelaya-Benavidez. Profesor e Investigador en la Universidad Autónoma Comunal de Oaxaca, Centro Universitario de San Andrés Solaga, Oaxaca.

edwinzelayab@gmail.com

Resumen

La agricultura industrial ha llevado al uso intensivo de los recursos naturales, provocando su deterioro y contaminación. Sin embargo, tenemos una poderosa herramienta para revertir estos efectos: la agrobiodiversidad. Esta herramienta está al alcance de todos y mejora la fertilidad del suelo, contribuye al manejo de plagas y enfermedades, a la vez que reduce el uso de químicos. Organizaciones, científicos y campesinos trabajan para su conservación. Tú también puedes ayudar eligiendo alimentos diversos, comprando a productores locales y evitando el desperdicio. ¡La agrobiodiversidad es el camino hacia la agricultura sustentable!

Palabras clave: Agricultura sustentable, agroecología, campesinos, conservación.

RECIBIDO: 15/11/2023; ACEPTADO: 10/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

Desde que se desarrolló la agricultura industrial, **hemos hecho un mal uso de los recursos agua, suelo y biodiversidad que sustentan la agricultura**, lo que ha ocasionado el deterioro y la contaminación de dichos recursos, además de contribuir al calentamiento global. En medio de todo este desastre, **hoy en día la agricultura es una actividad de alto riesgo**, amenazada por plagas cada vez más resistentes, fenómenos naturales catastróficos y cambios en los patrones de temperatura y precipitación. Todo esto, por supuesto, **compromete la seguridad alimentaria del planeta**.

¿Qué es la agricultura industrial?

Intenta imaginar que estás en el campo dentro de una esfera de cristal, en medio de un cultivo de trigo que se extiende hasta donde alcanza tu vista hacia cualquier dirección a donde dirijas la mirada. De pronto, escuchas el zumbido de un pequeño y tierno escarabajo. Observas como se posa en una planta de trigo, come sus hojas y sale volando. Al poco tiempo, el escarabajo regresa con cientos de su especie para que todos juntos sacien su hambre en este inmenso platillo que es su favorito y que es perfecto para criar a las siguientes generaciones, porque seguramente después de cosechar este trigo no pasará mucho tiempo para que vuelvan

a sembrarlo. Así que para los escarabajos solo es cuestión de esperar.

Estás sorprendido de ver con qué voracidad los tiernos escarabajos comen las plantas de trigo. De repente, escuchas un zumbido mucho más fuerte. Son decenas de drones esparciendo una sustancia desde las alturas. Mientras esta sustancia cae, observas también como empiezan a caer al suelo los pequeños escarabajos. Sí, están muriendo, y con ellos también algunos otros insectos despistados que andaban por ahí, como abejas y mariposas. Ojalá las aves y roedores vecinos no coman estas criaturas caídas o les esperará un destino similar. Empieza a llover, y todos los residuos de líquido esparcido por los drones se infiltran en el suelo, los que probablemente lleguen a algún río o presa cercana, afectando a los peces que viven ahí. Cuando la calma parece volver, un ruido estruendoso se va acercando. Son grandes máquinas que abren las entrañas de la tierra para cosechar el trigo y exponer los terrones del suelo al sofocante sol.

A grandes rasgos, esa es la agricultura industrial, aunque puede tener algunas variantes de acuerdo con las características sociales, ambientales y económicas de cada lugar. Esta propuesta, en el momento de su creación, pareció una gran alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria de la humanidad. Lamentablemente, los daños



Mural que representa a la agricultura campesina y la agricultura industrial. Municipio de Santiago Apóstol, Ocotlán, Oaxaca. Fotografía: Vianii Cruz-López.



Variabilidad en maíz en donde se aprecian distintos colores de las semillas y en los tamaños de mazorca, en Vicente Guerrero, Tlaxcala.
Fotografía: Vianii Cruz-López.

colaterales que ha ocasionado no la hacen viable a largo plazo, por lo que hoy en día es necesario que alguien nos rescate de esta catástrofe. Uno de los héroes que puede rescatarnos y que está al alcance de todos es la **agrobiodiversidad**.

Ahora te la definimos

La **agrobiodiversidad** se refiere a la **diversidad de especies de animales, de plantas y de microorganismos**, y su respectiva variabilidad, **que son elegidas y manejadas en los campos agrícolas**; así como la diversidad de especies silvestres asociadas que persisten en los entornos agrícolas y que no son elegidas. En esta ocasión hablaremos de la importancia de la diversidad de plantas en el agroecosistema.

Actualmente, **organizaciones mundiales**, como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA, o más conocida como FAO) y movimientos sociales internacionales como el agroecológico, **promueven la conservación y el uso de la agrobiodiversidad vegetal**. Asimismo, científicos realizan numerosos

estudios para comprender cómo es que puede rescatarnos y cómo podemos usarla de la mejor manera posible. Sin embargo, en muchos casos, la obtención de las semillas es una limitante, ya que, al haberse promovido los monocultivos en las últimas décadas por parte de la agricultura industrial, muchas especies y sus variedades son realmente escasas hoy en día. Al respecto, ¿sabías que existen alrededor de 50 000 especies de plantas aptas para el consumo humano, pero menos de 300 especies llegan al mercado, y tan solo tres especies (arroz, maíz y trigo) proporcionan el 60 % de la ingesta energética en la dieta a nivel mundial?

Los otros héroes de la agricultura

En este punto, entran otros héroes al rescate. Son los campesinos que han ganado la batalla, preservando como sus mayores tesoros a las semillas de los cultivos arraigados a sus culturas, a sus tradiciones. Aun cuando muchos de sus conocimientos en relación con la agrobiodiversidad se han perdido por la hecatombe de la Revolución industrial, ellos saben lo importante que es, por eso continúan aplicando prácticas que favorecen su preservación como el cultivo de la milpa que es un sistema agrícola tradicional en donde se siembra maíz, acompañado de diversas especies como frijol, calabaza y chile.

Ahora comprendemos la importancia de que organizaciones y movimientos internacionales, científicos y campesinos trabajen en equipo para continuar descubriendo (y en muchos casos redescubriendo) cómo la agrobiodiversidad puede ayudarnos. Hasta hoy, estas son algunas de las formas en que sabemos que se puede hacer.

- **Cultivos de cobertura.** Evitan que los campos se queden desnudos después de la cosecha. Pueden contribuir a la fertilidad del suelo, es decir, aportan nutrientes que después las plantas usan para producir nuestros alimentos. En algunos lugares donde hay problemas de salinidad en las aguas, estos cultivos de cobertura, que se riegan gracias a las lluvias, ayudan a lavar el



Sistema de cultivos intercalados donde se pueden apreciar diferentes tonos de verde y diferentes portes de las plantas debido a que se manejan diferentes especies. San Pablo Huitzo, Oaxaca. Fotografía: Vianii Cruz-López.

suelo de las sales acumuladas sin permitir que este se erosione.

- **Cultivos intercalados.** Son aquellos en los que se siembra más de un cultivo en un solo campo o parcela. Pueden usarse como barreras, repelentes o trampas para que las enfermedades de las plantas no se propaguen y para que resulte más difícil a los insectos plaga ubicar su fuente de alimento.
- **Rotaciones de cultivos.** Ayuda a despistar a las plagas foliares y, además, contribuye a controlar las plagas y las enfermedades que se transmiten por el suelo.
- **Franjas de cultivos de flores.** Los alrededores de los campos de cultivo son hogar de diversos

insectos polinizadores e insectos benéficos que contribuyen al control de plagas.

De esta manera, como podemos apreciar, la agrobiodiversidad ayuda a la salud del suelo y de los cultivos, lo cual hace que necesitemos cada vez menos pesticidas y fertilizantes químicos.

Estas y muchas otras funciones de la agrobiodiversidad están ahí, aguardando a ser descubiertas para rescatarnos. Y si tú no eres campesino o investigador, igual puedes ayudar, incluyendo en tu dieta frutas, hortalizas, cereales y semillas de todos los colores, tamaños y formas posibles; comprando tus alimentos directamente a los campesinos en mercados locales; dando preferencia aquellos que evitan el uso de pesticidas y que promueven la diversidad en sus fincas; consumiendo alimentos de temporada, y evitando desperdiciar los alimentos.



Egeli K. (2021). *Si viene de la tierra*. Argentina: Canticuáticos. <https://youtu.be/m-L-Xlw21Ew>.

FAO. (2018). *Agricultura Sostenible y Biodiversidad. Un Vínculo Indisociable*. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=969d1e2a-9ca1-4fe4-a3c9-%2f>

Jarvis D.I., Padoch C. y Cooper H.D. (2006). *La biodiversidad, la agricultura y los servicios ambientales. Manejo de la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas*. Italia: Biodiversity International. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w2528ow/Biodiversidad_S.pdf

ARTÍCULO

El éxito de las sociedades y de las células depende del uso eficiente de los recursos

Javier Cervantes-Rodríguez y Víctor Meza-Carmen



<https://pixabay.com/es/illustrations/casa-sustentabilidad-5591476/>

Javier Cervantes-Rodríguez. Profesor adscrito a la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
javier.cervantes@umich.mx

Víctor Meza-Carmen. Profesor adscrito al Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
victor.meza@gmail.com

Resumen

Las sociedades y las células presentan similitudes en algunos aspectos, por ejemplo, en el uso eficiente de los recursos energéticos. Si bien es cierto que dichos recursos son muy distintos para las sociedades y para las células, en ambos sistemas, estos recursos permiten realizar y comprometerse con ciertos procesos para el adecuado desarrollo de las mismas. La abundancia y el aprovechamiento de los recursos, que interpretamos como riqueza en las sociedades, se traduce en un progreso apropiado; en el caso de las células, los niveles energéticos elevados permiten, entre otras cosas, la proliferación celular. Sin embargo, la escasez de recursos muestra, en ambos sistemas, efectos nocivos que pueden conducir al colapso de una sociedad o a un decremento del crecimiento, incluso a la muerte de las células. Por lo tanto, la regulación de los niveles energéticos en las sociedades y en las células puede predecir el destino de estas.

Palabras clave: Células, economía, energía, sociedad.

RECIBIDO: 26/08/2024; ACEPTADO: 04/12/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

Economía y sociedad

La economía es un factor que a todos nos interesa, en especial cuando no alcanzamos a cubrir lo mínimo necesario en la adquisición de alimentos y otros satisfactorios. Pero déjanos decirte que esto no es un factor reciente.

En el transcurso de la historia, el hombre ha tratado de subsistir en grupos poblacionales o sociedades con diversas reglas y normas que permitan un control de las mismas. **Un aspecto de control de suma importancia es la posesión y el uso de los diferentes recursos materiales de origen natural, alimentos y bienes que se interpretan como riqueza** (tierras cultivables, agua, oro, petróleo, etc.). Además, las sociedades generan recursos intangibles que son de igual o mayor valor que los anteriores, como lo es una sociedad altamente educada para aprovechar al máximo los recursos naturales y las riquezas.

Se especula que una de las razones de las guerras entre las primeras sociedades fue la **escasez de alimentos**, lo cual las orilló a tomar decisiones de **invadir y de entrar en conflictos con grupos vecinos** por la imperante necesidad de hacerse de sus recursos. Por lo tanto, una necesidad básica de la sociedad es tener los suficientes recursos en términos de alimentos y de energía necesarios para su subsistencia y crecimiento. La **acumulación y el aprovechamiento de los distintos recursos**, trajo consigo sociedades más organizadas en todos los sentidos, incluyendo mejores ejércitos y sistemas de asistencia social, así como sistemas de educación de alto nivel.

Una **economía sana permite crear condiciones de bienestar**, generando una mayor educación y preparación para usar su máximo potencial y, por supuesto, para crear las condiciones de inversión tanto pública (salud, educación, etc.) como priva-



<https://designerapp.officeapps.live.com/designerapp/document.ashx?path=/3d3bcae3-d44a-4a8e-b975-5c6af8f7858e/DalleGeneratedImages/dalle-2e0bb7e1-1bda-4e91-ae85-4b0967a3469a0251668940669848380500.jpg&dcHint=WestUS&fileToken=beba35fa-2e7b-4a51-87b4-bf16977623f4>



Imagen 1. Territorio conquistado por el imperio Romano en su máximo esplendor (siglos I y II después de Cristo). Tomada de <https://visualunit.me/2016/04/15/mapa-del-imperio-romano/>

da (industrias de todo tipo), lo que a largo plazo redundará en un notable desarrollo y permitirá estar mejor preparadas para adaptarse a un futuro tan dinámico.

¿Dónde está el éxito de las sociedades?

El **aprovechamiento de los recursos** y la sofisticación en la organización de las sociedades, aumentan las **probabilidades de mantenerse con éxito** a lo largo de los años. Por el contrario, **el derroche conduce al declive**.

El impacto destructor de la escasez, derivado de la mala administración de los recursos, puede llevar al debilitamiento de la economía, factor que podría contribuir en gran medida al colapso/muerte de las sociedades, tal como ocurrió con uno de los grandes imperios: el Romano.

Dicho imperio surgió unos 30 años antes de Cristo y finalizó alrededor de los años 476-493 de nuestra era, aunque su influencia permaneció con Constantinopla hasta el siglo XIV. El territorio que

controlaba este imperio, en su momento de máximo esplendor (siglos I y II después de Cristo), abarcó desde el Atlántico al oeste y al este, hasta los bordes de los mares Caspio y Rojo, con la región septentrional de la Gran Bretaña al norte, mientras que al sur colindó con el desierto del Sahara (Imagen 1). Es decir, logró invadir y conquistar un territorio de cerca de 6 millones de km² (para verlo en contexto, México tiene cerca de 2 millones de km²). Pero una mala administración de los recursos, pugnas internas y guerras civiles, debilitaron y condujeron a que este increíble imperio sea hoy solo un recuerdo.

Sociedad humana y célula animal ¿En qué se parecen?

En otro orden jerárquico, en cierto sentido, las **células de los animales (entre ellos los seres humanos) se parecen mucho a una sociedad humana**. Las células pueden percibir con eficiencia su estado energético (económico), ya que en su interior existen diversas proteínas (biomoléculas im-

portantes) que perciben a cada instante la concentración (es decir, la cantidad) de otra molécula, más pequeña, pero fundamental desde el punto de vista energético, llamada ATP (adenosín trifosfato).

En términos generales, **el ATP se une físicamente** (es decir, «se les pega») a **ciertas proteínas clave que controlan el metabolismo** y, de esta manera, les indica a estas proteínas la cantidad de ATP que existe en la célula en un momento dado. Esta unión genera la activación, o la represión, de la función de dichas proteínas, las cuales **deciden múltiples eventos importantes en la biología de una célula**, como el crecimiento cuando hay mucha energía, es decir, cuando hay niveles elevados de ATP. Por el contrario, cuando hay bajos niveles de ATP, las células deciden parar la generación de nuevas células. Incluso si son demasiado bajas las concentraciones, se puede activar un tipo de muerte celular denominada apoptosis. **Dependiendo de la cantidad de energía, esta define el destino celular.**

Por otra parte, un crecimiento descontrolado de las células en un tejido en particular, seguramente disminuirá la función de otras células que están en la vecindad, como sucede en los pro-

cesos cancerosos. Para crecer de manera desmedida, **las células cancerosas usan grandes cantidades de recursos energéticos del organismo** con el objetivo de satisfacer su propio crecimiento, **lo cual contribuye a una mayor afectación de diversos órganos del individuo.** A manera de analogía, al igual que este crecimiento celular desmedido y sus consecuencias negativas en la salud, la expansión de los imperios también consume recursos económicos de diversos tipos de los países intervenidos y, como lo dicta la historia, este crecimiento desmedido tarde o temprano terminará debilitando al mismo imperio, o en su contraparte, el desarrollo celular excesivo acabará con la muerte del individuo.

Como podemos apreciar, **tanto las células como las sociedades tienen aspectos en común en términos del aprovechamiento de la energía**, o del uso adecuado de una economía energética, para poder crecer y desarrollarse y, al igual que las células, las sociedades necesitan de puntos de gobierno que controlen la generación y los flujos de recursos que garanticen su viabilidad.



ARTÍCULO

En realidad, ¿las plantas escuchan?

Israel Benítez-García y Liliana León-López



https://www.freepik.com/free-photo/shocked-young-handsome-slavic-gardener-uniform-hat-holding-flowerpot-touching-face-isolated-purple-wall-with-copy-space_12950267.htm#from-View=search&page=2&position=0&uuiid=12c504ec-8a63-46ca-bc87-5911f7f545b7

Israel Benítez-García. Profesor del programa académico Ingeniería en Biotecnología y Coordinador de la Maestría en Ciencias Aplicadas de la Universidad Politécnica de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa.

ibenitez@upsin.edu.mx

Liliana León-López. Profesora e investigadora de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán Rosales, Sinaloa.

lili.leon@uas.edu.mx

Resumen

Las plantas son organismos sésiles que evolucionaron hace más de 800 millones de años, permitiendo su adaptación a los rayos UV y a las condiciones climáticas extremas, pero, sobre todo, con su entorno para poder comunicarse entre ellas, con polinizadores, con dispersores de semillas y con microorganismos benéficos. Asimismo, evolucionaron para defenderse de patógenos y herbívoros, adaptándose a los sonidos del ambiente y de otros seres vivos y, al igual que ellas, otros organismos tuvieron que evolucionar para escucharlas. Esto nos hace pensar si en realidad las plantas cuentan con la capacidad de oír. Hace 50 años, esta posibilidad era absurda, ya que no cuentan con un sistema auditivo; sin embargo, se ha descubierto que las plantas evolucionaron para escuchar su entorno. Es por ello que, en este artículo, hablaremos del mecanismo en las plantas para percibir los sonidos del medioambiente.

Palabras clave: Estrés, sonidos, evolución.

RECIBIDO: 14/10/2023; ACEPTADO: 24/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

Imagina que eres una planta y que estás en el bosque, o en la selva, o en el desierto, donde prefieras. Piensa cómo te enterarías de lo que sucede a tu alrededor, cómo saber si se acerca una abeja o bien, si hay agua corriendo cerca de ti. Seguramente en tu mente imaginaste una planta con orejas escuchando el zumbido de la abeja o el correr del agua, pero esto no es posible, ya que **las plantas para nosotros son objetos que solo saben hacer fotosíntesis y verse bonitas o imponentes**, más como ornato para el paisaje o nuestro jardín con los que no interactuamos e ignoramos. **Pero, ¿sabías que nos escuchan todo el tiempo?**

Es desconcertante pensar que las plantas nos escuchan, puesto que **no tienen un sistema auditivo** como nosotros y los demás animales, **pero sí presentan diversos mecanismos para percibir el sonido** o, mejor dicho, **las vibraciones de este**. Algunas veces, vemos a la señora de las plantas (en el mayor de los casos nuestras mamás) hablando con ellas para que se pongan más bonitas. ¿Realmen-

te las plantas responden a las palabras de amor de nuestras madres y a otros sonidos? Quizás sí, ya que el amor lo puede todo. No obstante, hablando con ciencia, **cuando nos referimos a una planta que escucha, es porque puede reaccionar al sonido emitido por la voz de mamá o de las abejas, incluso del ruido que hace el río.**

Las plantas comparten varias similitudes con nosotros, en cuanto a la respuesta ante un estímulo. Por ejemplo, dentro de nuestro oído contamos con receptores mecanosensibles (pequeñas antenas que reciben la señal del sonido) que responden a vibraciones, mientras que **las plantas cuentan con mecanorreceptores similares al de nuestro oído, pero en la raíz, en los tallos y en las hojas**. Seguro te estás preguntando si estos mecanorreceptores en las plantas también responden a la vibración sonora como lo hacen nuestros oídos, es decir, ¿estarán oyendo?, ¿les gustará la música?

Antes que tú, **Charles Darwin ya se había cuestionado si las plantas escuchaban**. Él, además

de escribir el libro *El origen de las especies*, fue un gran científico que **estudió cómo las plantas respondían al medio que las rodea**. Para ello, **analizó el efecto de la luz en el movimiento de las plantas** con un sencillo experimento en donde cubrió con una capucha transparente el ápice del tallo de la avena expuesta a la luz, notando que esta se inclinaba hacia la luz, mientras aquellas que tenían una capucha negra no lo hacían, **concluyendo que las plantas responden a la luz y que está controlada por el ápice de la planta**. A este efecto, hoy en día, le llamamos **fototropismo**. Entre los experimentos de Darwin existe el estudio del sonido en el movimiento de las plantas. Él comprobó si las plantas respondían o no al sonido del Fagot (instrumento de viento) y, para su sorpresa, las plantas no bailaron a su son.





https://www.freepik.com/free-photo/selective-focus-closeup-caterpillar-leaf-plant_17293488.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuiid=d97966cc-d37e-4f8c-86d9-71d854caf131

Seguramente estás sorprendido de que las plantas pueden moverse con la luz, pero te sorprenderás más al saber que las plantas sí responden al sonido, ¡pero esperen!, ¿entonces las plantas no son sordas? A principios de los 70 se realizó un **experimento en donde se sometieron plantas a dos tipos de música: Rock (Led Zeppelin) y música menos ruidosa (música de Jimi Hendrix)**, observando que las plantas prefirieron a Jimi Hendrix. Por otro lado, se realizó otro experimento en donde se sometieron a plantas de maíz, también a Rock y a música instrumental, encontrando que **las plantas crecieron mejor con respecto a las que no fueron sometidas a música**, lo que demostró que las plantas sí reaccionan a las vibraciones sonoras.

Genes auditivos en las plantas

Los avances de la genómica permitieron secuenciar el **genoma de *Arabidopsis thaliana***, la planta más usada como modelo de experimentación en los laboratorios de ciencias, **descubriendo**

25 000 genes, entre ellos, aquellos relacionados con enfermedades humanas. Por ejemplo, genes involucrados en el **cáncer de mama** (gen *brca1* y *brca2*), pero también genes involucrados en la **sordera hereditaria**. Estos genes, cuando no funcionan (mutan), generan enfermedades como el cáncer o la sordera.

La sordera hereditaria se relaciona con la miosina (proteína responsable de la contracción muscular, movimiento y división celular). Por ejemplo, el gen *MYH14* cuando muta, es decir, cuando cambia parte de su secuencia de ADN, afecta la miosina no muscular tipo II que afecta la estructura de la célula en ratones sordos. La mutación de este gen afecta la cóclea, estructura en forma de caracol en el oído interno, responsable de la audición y que convierte las vibraciones sonoras en señales eléctricas, las cuales se envían al cerebro para su interpretación. Esto impide la formación de pelos en el oído interno, por lo tanto, el ratón no reacciona a las vibraciones del sonido, pero ¿Qué pasa en las

plantas?

Elas no tienen oído interno; sin embargo, **la mutación del gen de la miosina no genera pelos radicales en la raíz, ni pelos (tricomas) en tallos y hojas**, es decir, ¿las vuelve sordas? La respuesta la encontraron científicos de la Universidad de Missouri, quienes probaron si las plantas podían responder a la grabación del ruido de las mandíbulas de una oruga comiendo hojas y, sorprendentemente, observaron que las plantas respondieron a la vibración del sonido, generando altos niveles de glucosinolatos y antocianinas, tóxicos para las orugas y que se producen cuando estas atacan a las plantas, mientras que las plantas que no se sometieron al sonido no produjeron tales compuestos químicos para defenderse.

Las ondas sonoras y su efecto en las células vegetales

Durante la evolución de las plantas, **su adaptación al sonido les ha permitido reconocer el sonido de polinizadores, evitando generar sus-**

tancias tóxicas que pudiera dañar a las abejas, en comparación al reconocimiento de insectos nocivos como las orugas, incluso evolucionaron para **reconocer sonidos ecológicos**, una señal sonora propagada por el aire, por ejemplo, el sonido del agua corriendo.

El neurobiólogo, el Dr. Stefano Mancuso, e investigadores de la Universidad de Florencia, Italia, descubrieron que **las plantas reaccionan a vibraciones de baja frecuencia (200 Hertz)**, observando que las raíces de *Arabidopsis thaliana* se movían hacia las ondas sonoras, no así las raíces de plantas que se mantenían en silencio. A este movimiento le llamaron **fonotropismo (crecimiento de las plantas hacia el sonido)**. Pero, ¿cuál es el mecanismo fisiológico que conecta con las ondas sonoras y el crecimiento? Recordemos que las plantas, al igual que nosotros, contienen mecanorreceptores, los cuales se encargan de generar cambios en la concentración de los reguladores de crecimiento vegetal como las auxinas, responsables del crecimiento vegetal y de concentraciones de iones como calcio



https://www.freepik.com/free-photo/smiley-man-playing-guitar-with-copy-space_9460967.htm#fromView=search&page=1&position=20&uuid=67b89cd8-f9f5-468b-850b-occ72eaca8af

y potasio por medio de cambios osmóticos responsables del crecimiento y movimiento de las plantas.

Fonotropismo

Un **tropismo** es un **fenómeno biológico que se produce cuando una planta crece o cambia de dirección mediante un estímulo**. En la respuesta al tropismo se manifiestan genes en las células vegetales, permitiendo la presencia de proteínas únicas que actúan como receptores específicos para un determinado estímulo. En la actualidad, **los científicos pueden identificar esos genes** que expresan proteínas que responden a diferentes estímulos como las ondas sonoras, **gracias a un método llamado secuenciación**.

De esta manera, se han identificado genes que responden a ondas sonoras en longitudes de 10 hasta 500 Hertz, pudiendo encontrar genes que responden a niveles bajos de ondas sonoras hasta los más altos, pudiendo agrupar genes que responden a distintos niveles de sonidos y relacionarlos

con los de insectos depredadores, herbívoros y con la ubicación de recursos naturales como el agua, el sonido de polinizadores e incluso a la voz de mamá. Esto es importante desde el punto de vista ecológico para las plantas, ya que les confiere una ventaja evolutiva. Estos estudios podrían responder por qué en la ciudad los árboles llegan hasta las tuberías del agua y/o drenaje, quizá se deba a que escuchan el sonido del agua.

Finalmente, podrás darte cuenta de que **las plantas no están sordas**, entendiendo este concepto como el tener la **capacidad de percibir vibraciones a las que pueden responder por medio de un sistema de mecanosensibilidad que les permite comunicarse con el entorno**. Los estudios siguen encaminados en confirmar que las plantas tienen estos diversos mecanismos y en cómo responden a lo que «escuchan».

Si te gusta el Rock, seguro que a tus plantas también les encanta.



<https://pixabay.com/es/illustrations/cactus-banda-de-rock-antepecho-6581198/>



Appel H.M. y Cocroft R.B. (2014). Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing. *Oecologia*, 175(4), 1257-1266. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24985883/>

Henríquez M.A., Ramos M.A., Da Silva A., Siu E., Elcoro S. y Acosta Y. (2010). Efecto de la aplicación de dos tipos de música en el desarrollo de plantas de maíz (*Zea mays*

L.). *Multiciencias*, (10), 28-35. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90430360006>

González V. y Valdemoros D. (2006). Los gustos musicales de las plantas afectan su normal desarrollo. *Demoliendo Papers*, 61-67. https://www.rincondepaco.com.mx/rincon/Inicio/Seminario/Documentos/Papers/Papers_5.pdf

ARTÍCULO DE PORTADA

Uso de drones en México para estudiar y proteger el hábitat de la mariposa monarca

José Luis Gallardo-Salazar y Cuauhtémoc Sáenz-Romero







Mariposas monarcas alimentándose del néctar de flores silvestres dentro de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

Resumen

En México se debe poner especial atención a los bosques de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) que, en los últimos años, han reportado un incremento substancial de ataques de plagas y enfermedades. Una rápida identificación de los árboles debilitados o con signos de brotes activos de plagas, es vital para mantener sanos los sitios de estancia invernal de la mariposa monarca. Por ello, los autores del presente trabajo se encuentran desarrollando nuevas metodologías con el uso de drones equipados con cámaras especializadas que permitan una rápida identificación del número y ubicación de árboles debilitados y posiblemente infectados por plagas. Adicionalmente, se está integrando el uso de inteligencia artificial para hacer la detección aún más eficiente, lo que permitirá tomar decisiones de control fitosanitario mejor informadas y de manera más oportuna.

Palabras clave: Bosques de oyamel, declinación forestal, vehículos aéreos no tripulados.

RECIBIDO: 03/06/2024; ACEPTADO: 10/07/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

Mariposa monarca: La pequeña viajera

Las culturas originarias del centro de México asociaban a las mariposas monarca con las flores y la belleza. Una antigua leyenda contaba que si susurrabas un deseo cerca de una mariposa monarca, este se haría realidad. **Sin lugar a duda, las mariposas monarca han sido producto de admiración no solo por su majestuosidad, sino también por llevar a cabo una de las migraciones más largas y numerosas en el mundo** (más de 4 000 km). Este fenómeno migratorio abarca tres países (Canadá, Estados Unidos y México), por lo que ha representado un símbolo de cooperación internacional en asuntos ambientales de interés común. Si bien, las mariposas monarca poseen una vida promedio de cuatro semanas, **cuando se acerca el otoño surge una generación de mariposas con capacidad de vivir hasta 9 meses, llamada generación Matusalén** (las cuales están encargadas de la migración estacional). Lo fantástico es que, a diferencia de las migraciones de aves, tortugas y ballenas, **las monarcas que llegan a hibernar año con año a la parte central de México nunca han estado en este lugar.**

Las mariposas monarca a lo largo de su vida cumplen con diversas funciones dentro del ecosistema. Durante la primera etapa de su vida (como larva) es un herbívoro que se alimenta del algodoncillo (*Asclepias* spp). **Como adulto, la mariposa se alimenta del néctar de flores, prestando un importante papel como polinizador.** A través de su migración hacen posible que el polen viaje pegado a sus cuerpos, promoviendo así la diversidad genética de las plantas con flores, contribuyendo de esta manera a la seguridad alimentaria de los seres humanos.

Situación actual de las mariposas monarcas

La **Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)**, la mayor fuente de información sobre el estado de riesgo de la biodiversidad global, **declaró en el 2022 a la mariposa monarca**, y al espectacular fenómeno de migración que la caracteriza, **en la categoría de «En Peligro»**, debido a que la población de esta especie ha mostrado una **reducción de hasta un 72 % en la última década.**

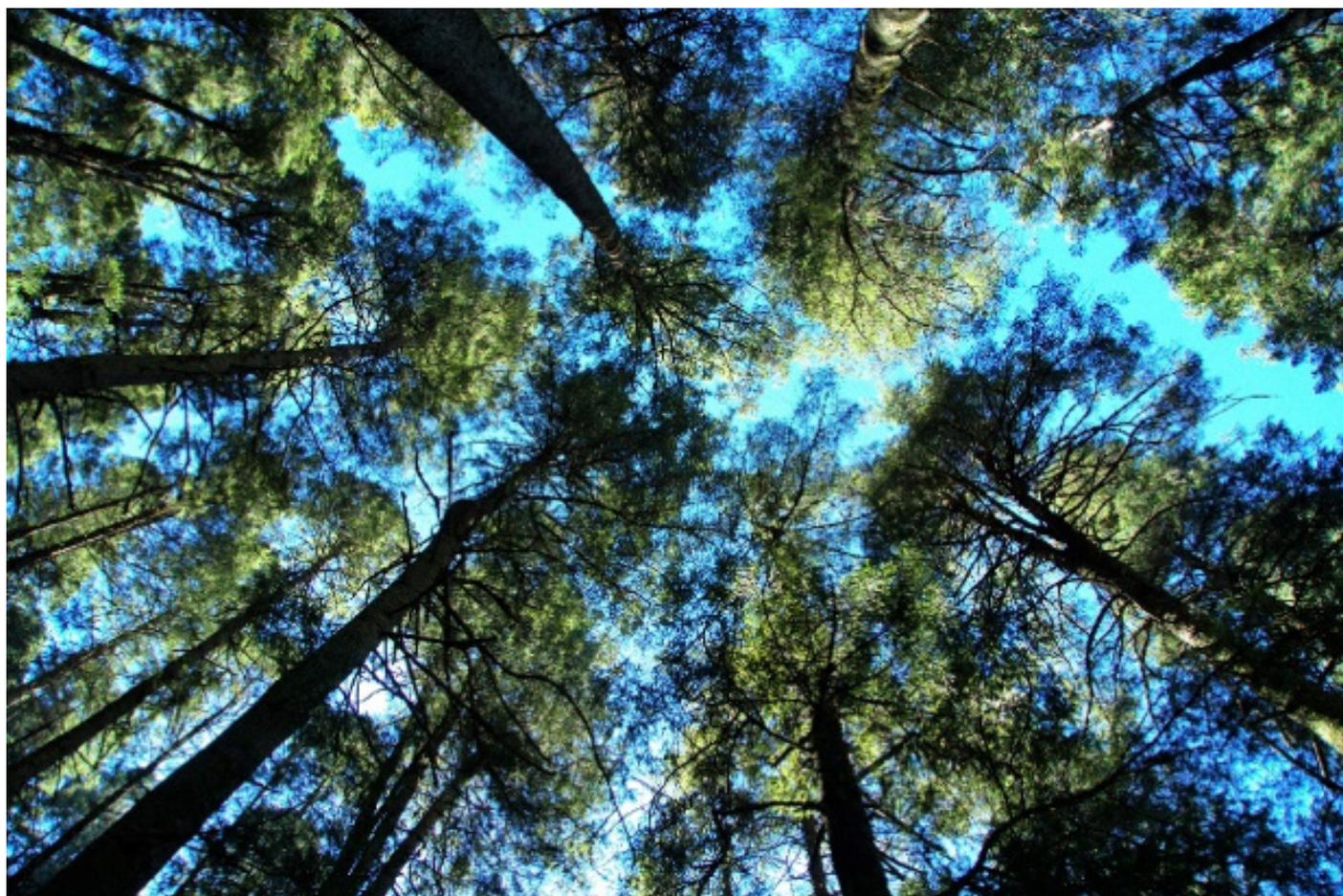
Las principales causas que han puesto en esta preocupante posición al fenómeno de migración de la mariposa monarcas son: 1) El **uso desmedido**

de pesticidas y herbicidas, los cuales matan a las mariposas monarca y al algodoncillo; 2) Los **fenómenos de declinación forestal** como efectos del cambio climático que ponen en riesgo las zonas forestales de refugio invernal ubicadas en México. Afortunadamente, se han logrado reducir significativamente problemas como la tala clandestina de árboles dentro del área natural protegida. Sin embargo, la migración de estos insectos está en riesgo de perderse a menos que los seres humanos tomemos acciones para protegerlas.

Los bosques de oyamel se están debilitando por el cambio climático

Los bosques mexicanos de oyamel (*Abies religiosa*) **proporcionan las condiciones y el clima adecuado para la hibernación de las mariposas monarca en los meses de noviembre a marzo.** En estos meses, algunos sitios de los bosques de oyamel se pintan de color amarillo y negro, debido a la gran cantidad de mariposas que se posan sobre los troncos y las ramas de los árboles, generando uno de los espectáculos naturales más hermosos dentro del reino animal.

En reconocimiento a este fenómeno, **estos bosques han sido declarados como Reserva de**



Bosque de oyamel. Nótese la alta densidad que dificulta la evaluación fitosanitaria de las copas.



Misión de vuelo para mapeo con tecnología LiDAR en los bosques de la RBMM.

la **Biosfera Mariposa Monarca (RBMM)** y designados por la UNESCO como un **Bien Patrimonio Mundial Natural**. Sin embargo, en los últimos años, se han presentado síntomas de declinación forestal. Este fenómeno se ha observado en bosques templados a nivel mundial y está asociado al cambio climático, lo que implica un cambio en los regímenes de lluvia e incremento de temperatura; esta combinación debilita a las especies forestales que no poseen la capacidad de sobrellevar estas condiciones y que ha hecho más frecuente el ataque de plagas y enfermedades (e.g. insectos descortezadores).

Lo anterior ha puesto en alerta a los ejidos y comunidades, autoridades gubernamentales y sociedad civil que buscan proteger a toda costa las áreas destinadas a la llegada de las mariposas monarca. En este sentido, **los principales esfuerzos han consistido en monitoreos permanentes de los estados de sanidad de los árboles que conforman los sitios de hibernación.**

Desde siempre, las actividades de monitoreo forestal de la RBMM **se han realizado con técnicas convencionales**, lo que implica que los ejidatarios y comuneros recorran a pie largos trayectos, identificando de manera visual alteraciones en el arbolado. **Este método resulta poco eficiente** debido a que es imposible cubrir en un solo día toda la zona

de interés. Asimismo, el registro de datos mediante la observación directa suele verse limitada por la alta densidad de árboles, la cantidad de ramas, la altura y por las limitaciones inherentes a la capacidad de la visión humana.

Aunado a que **los árboles enfermos típicamente comienzan a morir desde la punta de la copa hacia abajo** (a lo que se le llama **muerte regresiva**), resulta casi imposible determinar el estado fitosanitario cuando el bosque tiene una densidad elevada de árboles grandes. Regularmente, las brigadas de vigilancia fitosanitaria solo alcanzan a realizar unos cuantos recorridos al año para la detección temprana de plagas y enfermedades forestales dentro de la zona núcleo de la RBMM.

Drones: Poderosos aliados en la conservación de la mariposa monarca

Por lo anterior, **resulta apremiante evolucionar en los métodos de monitoreo forestal, implementando el uso de vehículos aéreos no tripulados** (comúnmente llamados drones), mismos que brindan amplias ventajas en comparación con los métodos convencionales de inventarios forestales. Gracias al avance tecnológico, los drones son cada vez más accesibles y fáciles de manipular, a tal punto que personas no necesariamente expertas, pueden ejecutar de manera segura y precisa misiones

de vuelo, sin importar lo complejo de sus sitios de estudio.

Los drones son una **opción prometedora para lograr identificar el estado de salud de las copas de estos majestuosos árboles**. Mediante diversos vuelos dentro de la zona núcleo de la RBMM, se han detectado los árboles desvitalizados de los cuales es necesario tomar acciones de saneamiento de manera emergente. En específico, se han utilizado dos modelos de drones: el Mavic 3 Multiespectral y el Matrice 300 RTK con el sensor LiDAR L1, ambos de la marca DJI.

El dron con cámara multiespectral **tiene la capacidad de identificar áreas con signos de declinación forestal anticipadamente**, gracias a que posee 4 bandas multiespectrales de 5 megapíxeles (verde, rojo, Red Edge e infrarrojo cercano) a partir de las cuales es posible calcular índices espectrales ampliamente utilizados en el monitoreo de la vegetación y hacer visible lo invisible para el ojo humano. El más común es el llamado **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)**; por sus siglas en inglés), el cual **ha arrojado resultados bastante prometedores**. Esta valiosa información ha permitido que los autores del presente trabajo se enfoquen en desarrollar una metodología para identificar, geolocalizar y cuantificar árboles de oyamel con síntomas de estrés o mortalidad.

Por otra parte, el sensor LiDAR ha permitido obtener información precisa sobre la altura, diámetro de copa y volumen de los árboles presentes en los sitios de llegada de la mariposa monarca. **Con esta tecnología ha sido posible generar modelos tridimensionales impresionantes de los árboles de oyamel**, capturando con eficiencia los detalles de estructuras complejas del bosque y ofreciendo modelos reconstruidos de alta precisión.

La **incorporación de los drones al flujo de trabajo de monitoreo y conservación** permitiría obtener **información con distintas temporalidades** (diaria, semanal y mensual), así como **análisis con enfoque multiespectral y de alta resolución** (información a nivel árbol individual). Gracias a ello, los ejidatarios, comuneros o autoridades correspondientes podrían realizar sus labores de manera más eficiente e incrementar sus capacidades de acción.

Por ejemplo, los recorridos que realizan típicamente en una semana, con los drones, se podrán llevar a cabo en un solo día. Pero lo más sobresaliente es que de ninguna manera podrían lograr el mismo nivel de detalle (a nivel de árbol individual), tanto para medir el gradiente de vigor/estrés (con imágenes multiespectrales, no detectables para el ojo humano), como para contar, geolocalizar y cuantificar el volumen de cada uno de estos árboles.

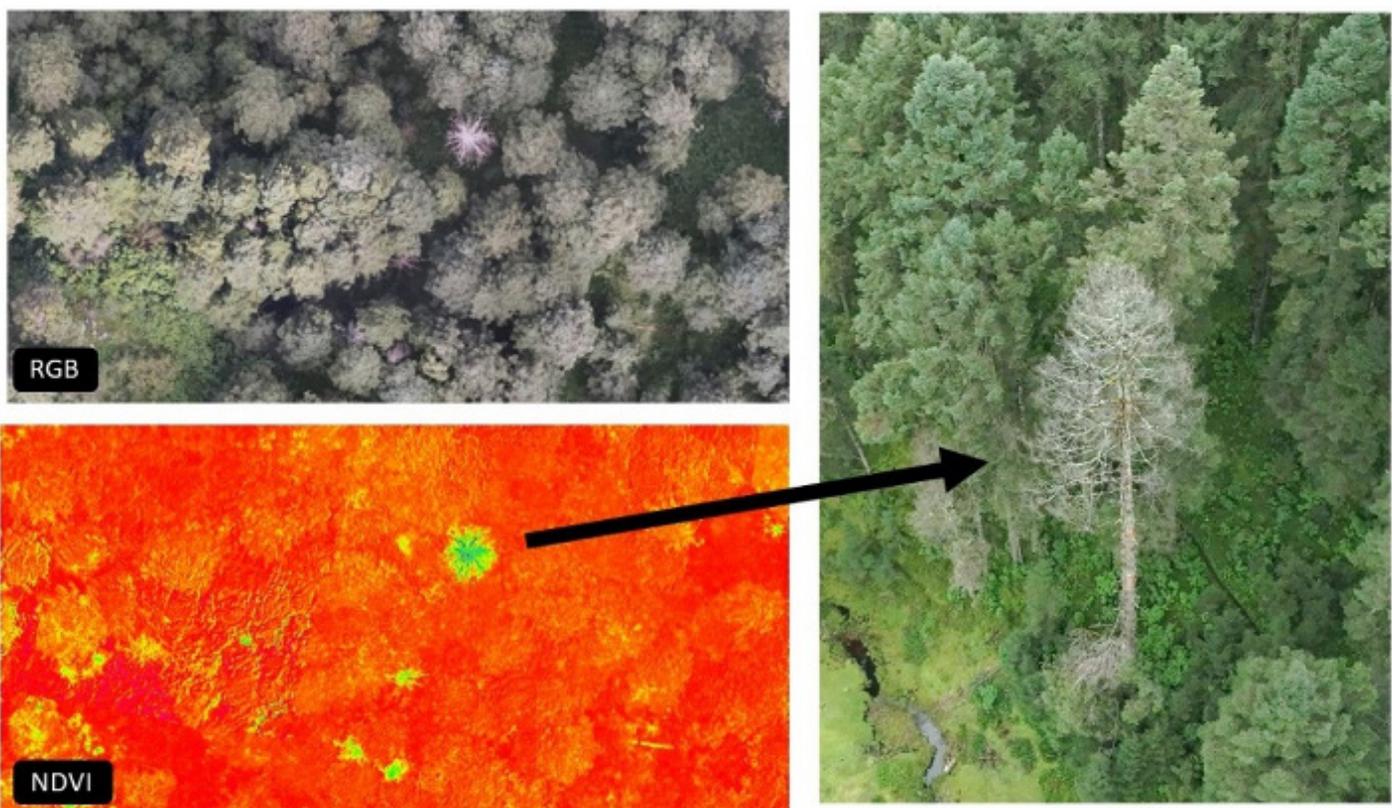


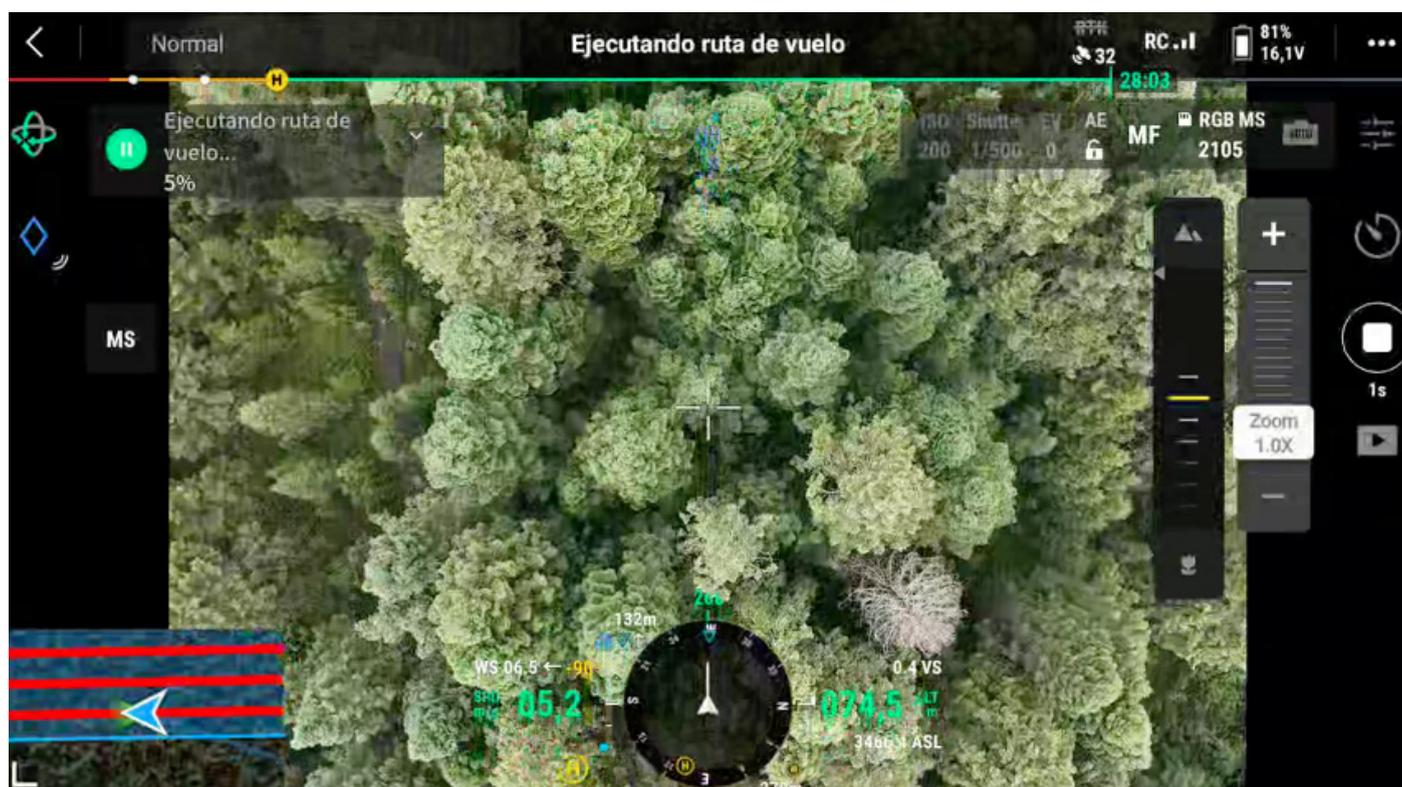
Imagen en color natural (espectro de luz visible) o comúnmente llamada RGB (arriba a la izquierda); índice para medir la vitalidad del arbolado generado a partir de drones con sensores infrarrojos (abajo a la izquierda); corroboración con trabajo de campo de los árboles desvitalizados o muertos en pie detectados con drones (panel derecho).

Con un solo vuelo es posible cubrir aproximadamente 200 hectáreas, lo que se traduce en ahorros importantes en tiempo, recursos humanos y económicos. La obtención de esta información de alta resolución permitirá a las autoridades a cargo de la conservación de estas áreas tomar decisiones fitosanitarias para un control oportuno y asegurar que estos sitios sigan recibiendo a millones de mariposas año con año. Cabe destacar que, hasta el momento, la aplicación de estas tecnologías (imágenes multiespectrales y LiDAR) ha tenido una aplicación limitada en México para el bien de los recursos naturales.

Adicionalmente, se sigue trabajando para incorporar la inteligencia artificial a las labores de monitoreo y vigilancia fitosanitaria de los bosques de la RBMM. Se ha logrado entrenar una «Red Neural» para detectar en tiempo real, a partir de videos e imágenes capturadas con drones, los árboles con síntomas de declinación. Una «Red Neuronal» es un conjunto de procesos que usan las computadoras, inspirado en el funcionamiento del cerebro humano, y se utiliza principalmente para analizar imágenes y reconocer patrones en ellas.

En la siguiente imagen se muestra cómo la inteligencia artificial detecta y otorga un porcentaje de certidumbre con respecto a los árboles muertos en pie. Este avance tecnológico se ha logrado gracias a la ejecución de una gran cantidad de vuelos de drones en distintas épocas del año, lo que ayudó a conformar una amplia biblioteca de imágenes que contiene árboles desde distintos ángulos y resoluciones, útiles para el entrenamiento de la «Red Neuronal».

En la actualidad, se buscan alternativas para la transferencia tecnológica con las comunidades locales (ejidos y comunidades indígenas) y con organismos gubernamentales, como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Comisión Nacional Forestal.



Captura de pantalla de la app DJI Pilot 2 que transmite al piloto en tierra las imágenes capturadas con el dron en tiempo real.



José Luis Gallardo-Salazar
Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Opción Ciencias Agropecuarias Forestales

y Ambientales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. Es Ingeniero en Restauración Forestal por la Universidad Autónoma Chapingo y Maestro en Geomática Aplicada por la UJED. Sus principales líneas de investigación son el uso y aplicación de los vehículos aéreos no tripulados en el manejo de recursos naturales. Particularmente para la evaluación de los efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales. Ha publicado y participado como árbitro en diversos artículos científicos en revistas nacionales e internacionales.

2251351x@umich.mx

Cuauhtémoc Sáenz Romero Biólogo por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Maestro en Ciencias Forestales por la Universidad Autónoma Chapingo y Doctor en Forestería, orientado al mejoramiento y genética de plantas, en la Universidad de Wisconsin-Madison, USA. Profesor Investigador del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel III. Su línea de investigación es el mejoramiento genético forestal, variación genética de caracteres cuantitativos con valor adaptativo entre poblaciones de especies forestales, impactos potenciales del cambio climático en especies forestales y migración asistida de especies forestales como adaptación al cambio climático.

csaenzromero@gmail.com



Gallardo-Salazar J.L., Pompa-García M., Aguirre-Salado C.A., López-Serrano P.M. y Meléndez-Soto A. (2020). Drones: tecnología con futuro prometedor en la gestión forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61), 27-50. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/794>

Gallardo-Salazar J.L., Sáenz-Romero C., Lindig-Cisneros R., López-Toledo L., Blanco-García J.A. y Endara-Agramont Á.R. (2023). Three decades of remote sensing analysis of forest decline related to climate change: a

bibliometric study. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 49(1), 69-87. <https://doi.org/10.18172/cig.5639>

Hammond W.M., Williams A.P., Abatzoglou J.T., Adams H.D., Klein T., López R., Sáenz-Romero C., Hartmann H., Breshears D.D. y Allen CD. (2022). Global field observations of tree die-off reveal hotter- drought fingerprint for Earth's forests. *Nature Communications*, 13(1), 1761. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29289-2>

ARTÍCULO

¿Inflamación o síndrome del intestino irritable?

Erandi Atsiri Aguilar-Ortiz



https://www.freepik.com/free-photo/man-with-stomachache_1022888.htm#query=colon%20irritable&position=40&from_view=search&track=ais&uuid=0e003040-11c1-4210-955d-85d1cb8c18a5

Erandi Atsiri Aguilar-Ortiz. Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Biotecnología Alimentaria, Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

2230600f@umich.mx

Resumen

El síndrome del intestino irritable es una enfermedad muy común entre la población, presentándose de manera más frecuente en mujeres; se caracteriza por síntomas como dolor abdominal, inflamación y gases. Al ser una enfermedad multifactorial, las causas que la provocan aún son desconocidas y, por ello, no existe tratamiento específico; sin embargo, se recomienda evitar consumir cantidades exageradas de comida y, en su lugar, hacer varias comidas al día, consumir alimentos ricos en fibra, evitar alimentos picantes, muy condimentados y con exceso de grasa, así como beber suficiente agua al día y realizar actividad física.

Palabras clave: Alimentación, enfermedad abdominal, intestino irritable.

RECIBIDO: 22/02/2024; ACEPTADO: 21/03/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

¿Te ha pasado que justo después de comer tienes una inflamación del tamaño del mundo? ¿Miras hacia abajo y tu panza/estómago no te deja ver tus pies, te dan frecuentemente dolores en el área abdominal o cólicos después de la comida, tomas infusiones y remedios y la inflamación no baja? Bueno, si es así, déjame decirte que probablemente padezcas de la enfermedad del **Síndrome del Intestino Irritable (SII)** o **comúnmente llamado colon irritable**. Y no eres la única persona que lo padece, ¡hay muchas más! Es una enfermedad poco conocida entre la población, pero de lo más común, aunado a esto, **vemos de manera «normal» inflamarnos después de comer**. Quédate conmigo y te explico de qué estoy hablando.

¿Qué es el síndrome del intestino irritable (SII)?

El SII, o más conocido como colon irritable, es una **enfermedad crónica gastrointestinal caracterizada por dolor, inflamación, gases y cambios en el patrón de evacuación** que puede variar desde estreñimiento, diarrea o una combinación de ambos. Es considerada una enfermedad multifactorial y, hasta el momento, **no se conocen las causas que la provocan**. Es una afección muy recurrente y una de las principales causas de consulta médica que **afecta entre un 10 y un 20 % de la población** en

general, principalmente, a las mujeres.

Causas del SII

Hasta la fecha no se tiene una causa clara de qué ocasiona esta enfermedad, pero las teorías están relacionadas con la presencia de los síntomas debido a una **alteración de la movilidad del colon** o posterior a una **infección intestinal grave** causada, por ejemplo, por *Salmonella*, *Campylobacter*, *Shigella* o incluso por algún virus, después de **episodios de estrés y ansiedad** e ingesta de **ciertos alimentos o bebidas**.

El intestino está conectado al cerebro por señales hormonales y nerviosas, las cuales vienen y van entre ambos. Estas señales pueden verse afectadas por cuestiones de ansiedad y estrés, volviendo los nervios más activos durante estas situaciones y provocando que los intestinos sean más sensibles y se compriman o contraigan más.

Este síndrome **puede presentarse a cualquier edad**; sin embargo, comúnmente, comienza en la adolescencia o a principios de la edad adulta. Es muy poco frecuente que se presente después de los 50 años **y las mujeres son más propensas a padecerlo**.

Síntomas del SII

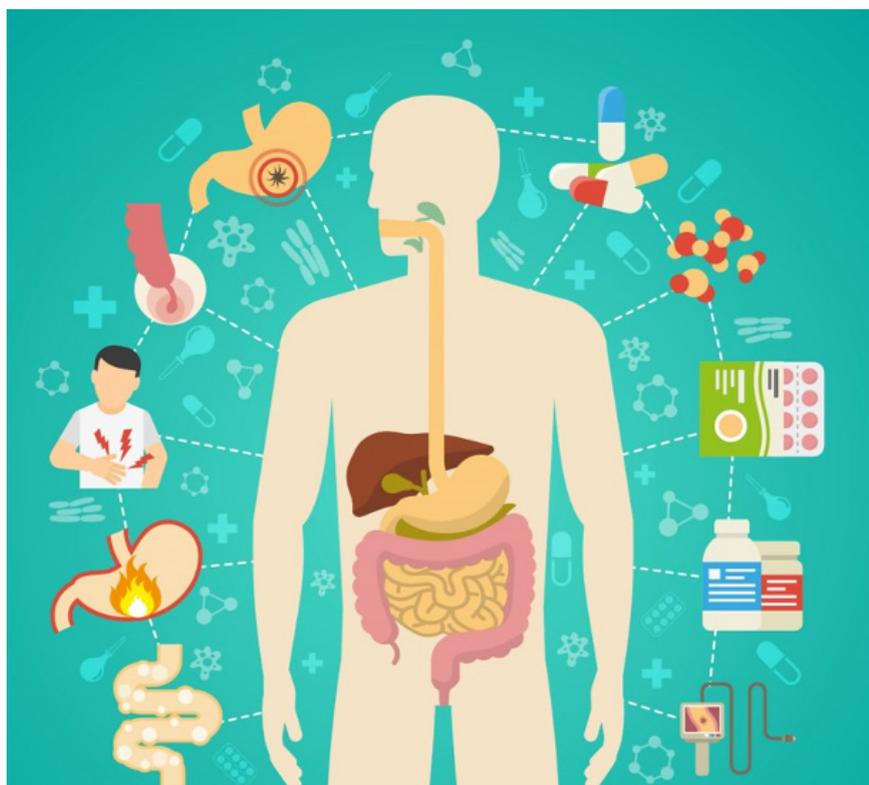
Los síntomas **difieren de una persona a otra y van de leves a graves**; son variados y con episodios de síntomas intermitentes en periodos irregulares. Los más frecuentes son:

- **Inflamación** abdominal
- **Dolor** abdominal
- **Distensión** abdominal
- Cambios y frecuencia en las deposiciones (**estreñimiento y diarrea**)
- **Gases** y flatulencia

El dolor y los síntomas frecuentemente desaparecen después de una deposición.

Tipos de SII

El SII es clasificado de la siguiente manera:



https://www.freepik.com/free-vector/digestive-system-diseases-illustration_2869904.htm#query=colon%20y%20cerebro&position=25&from_view=search&track=ais&uuiid=2526e3c6-85bc-4201-bbd3-62a569004391

- **SII con predominio de estreñimiento.** Cuando más del 25 % de las veces se presentan heces duras y menos del 25 % de las veces heces blandas.
- **SII con predominio de diarrea.** Cuando más del 25 % de las evacuaciones son líquidas y menos del 25 % duras.
- **SII mixto (estreñimiento y diarrea).** Si más del 25 % de las veces hay heces duras y líquidas.
- **SII no tipificado.** Subgrupo considerado indeterminado, pues no entra en ninguna de las tres categorías anteriores.

Diagnóstico del SII

El diagnóstico se basa en las características de los síntomas del paciente y en los criterios normalizados con base en los síntomas. De acuerdo con los criterios de Roma IV (criterios establecidos por un grupo de expertos en Trastornos Funcionales Digestivos, con base en los síntomas clínicos presentados por el paciente), el SII se diagnostica por la presencia de dolor abdominal persistente por lo menos una vez a la semana en los últimos

tres meses y acompañado de dos o más de los siguientes criterios:

- Dolor asociado a la defecación.
- Dolor relacionado con un cambio en la frecuencia de las deposiciones.
- Dolor relacionado con un cambio en la consistencia de las deposiciones.

Considerando que los síntomas empezaron, como mínimo, seis meses antes del diagnóstico.

Factores de riesgo del SII

Los principales factores de riesgo son:

- **Edad** Se manifiesta con mayor frecuencia en personas menores de 50 años, desde adolescentes o adultos jóvenes.
- **Sexo** Se presenta con mayor frecuencia en mujeres.
- **Antecedentes familiares**
- **Problemas de salud mental**, como ansiedad, depresión, angustia, entre otros.



<https://pixabay.com/es/photos/ensalada-fruta-baya-saludable-2756467/>

Tratamiento y recomendaciones

Actualmente, **no existe un tratamiento único** para el SII debido a que se trata de una enfermedad multifactorial. En este sentido, lo que **se buscan tratamientos enfocados en aliviar los síntomas**, incluyendo cambios en los hábitos de calidad de vida, recomendaciones dietéticas y tratamiento con fármacos.

Dentro de las recomendaciones más generales se encuentran:

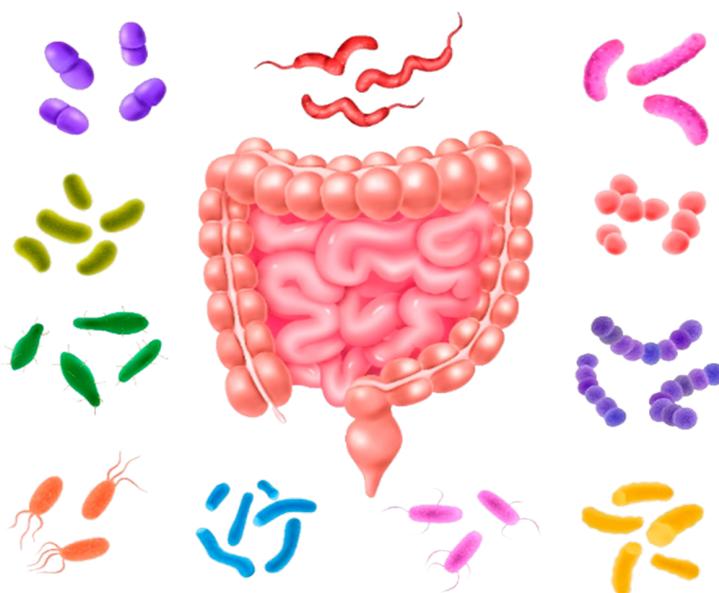
- Evitar comidas exageradas en cantidad y, en su lugar, hacer varias comidas al día con porciones pequeñas.
- Hacer actividades relajantes y sociales.
- Practicar ejercicio de forma regular.
- Beber al menos dos litros de agua al día.
- Evitar alimentos picantes, muy condimentados y con mucha grasa, la cafeína y bebidas gaseosas.
- Consumir alimentos ricos en fibra.
- Comer despacio y masticar bien los alimentos.
- Evitar situaciones de estrés.
- Identificar alimentos que causen molestias y reducirlos o eliminarlos.

El SII es una enfermedad muy frecuente en las consultas de atención médica, pero poco conocida entre la población.

Debemos hacer el hábito de ser conscientes con lo que le pasa a nuestro cuerpo, estamos tan acostumbrados a normalizar las enfermedades que dejamos de lado nuestra salud.

No es normal inflamarte siempre después de comer, ni esos dolores abdominales, la inflamación, ni el cambio en la consistencia de las evacuaciones fecales. Estos síntomas no siempre son porque algo «nos cayó mal» y una pastilla para el dolor de estómago nos aliviará el dolor temporalmente. Los invito a que seamos más prudentes con nuestra salud y nos atendamos, ya sea por la molesta inflamación después de comer, porque seamos sinceros, **es muy incómoda la sensación de estar a punto de «dar el botonazo»**.

En esta época de tanto estrés en la que vivimos, es importante ponerle mayor atención a nuestra salud. ¡Acudamos con un médico!



https://www.freepik.com/free-vector/human-colon-bacterial-flora-set_26765763.htm#query=colon&position=22&from_view=search&track=sph&uuid=fc5f2c07-010b-4aad-858b-645287295b86



Castañeda-Sepúlveda R. (2010). Síndrome de intestino irritable. *Medicina Universitaria*, 12(46), 39-46. <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-universitaria-304-articulo-sindromeintestino-irritable-X166557961050442X>

Romero J. (2023). Síndrome de Intestino Irritable. *Saludigestivo*. <https://www.saludigestivo.es/mes-saludi->

[gestivo/sindrome-intestino-irritable/sindrome-intestino-irritable-concepto/](#)

Soares R.L. (2014). Irritable bowel syndrome: a clinical review. *World Journal of Gastroenterology*, 20(34), 12144-12160. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i34.12144>

ARTÍCULO

¿Cómo proteges tu piel del sol?

Diego Alejandro Simón-Nieto



https://www.freepik.com/free-photo/woman-enjoying-their-sunny-holiday_22894290.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuiid=2a0c05f4-0a61-4d24-85d4-a91c2b408d19

Diego Alejandro Simón-Nieto. Estudiante en el Programa de Maestría en Ciencias de la Salud, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
1234982A@umich.mx

Resumen

Usar filtro solar es cuidarse y protegerse. Los protectores contienen filtros que bloquean los rayos UVA y UVB y cuidan la piel de irritación, enrojecimiento y alergias. Puedes elegir entre distintas variedades que existen. Sin protección solar, los rayos UVA y UVB podrían penetrar más profundamente en la piel y causar quemaduras solares. La exposición al sol sin la correcta protección puede generar cáncer y diversas complicaciones irreversibles. Los filtros solares protegen las proteínas de la piel, como la queratina, la elastina y el colágeno, necesarias para mantener la piel sana y lisa. Es muy importante re-aplicar el filtro solar.

Palabras clave: Bloqueador solar, filtro solar, cáncer de piel, piel.

RECBIDO: 02/11/2023; ACEPTADO: 25/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

La exposición a la luz solar puede ocasionar daños irreversibles

El sol, las lámparas solares y las camas o cámaras de bronceado emiten radiación ultravioleta (UV). **La exposición a la radiación UV causa el envejecimiento prematuro de la piel y daños que pueden dar como resultado cáncer de piel.** Algunas de las complicaciones que podrían generarse por la exposición al sol son fotoenvejecimiento, manchas, quemaduras, aparición de manchas blancas en el cuerpo, paño, alergias y manchas escamosas. Pero, lo más grave, es el cáncer de piel que, aunque es más frecuente en las personas con piel clara, puede presentarse igualmente en personas con cualquier tono de piel, incluso si es oscura.

¿Qué es la radiación solar?

La radiación solar es la **energía emitida por el Sol que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas** y se genera en las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es emitida por la superficie solar. Las radiaciones solares **pueden clasificarse según sus longitudes de onda:** ultravioleta (UV), luz visible e infrarroja. De la radiación

UV que llega a la superficie terrestre, un 97 % es ultravioleta A (UVA) y un 3 % ultravioleta B (UVB). **La radiación UVA provoca efectos a largo plazo,** como fotoenvejecimiento, fotosensibilización y cánceres graves como el melanoma. En cambio, **la UVB es la responsable del enrojecimiento inmediato,** la alteración del sistema inmune, la pigmentación de la piel y el cáncer de piel.

¿Cómo puedo proteger mi piel del sol?

Use un sombrero que le dé sombra alrededor de la cara, el cuello y las orejas. Póngase gafas que filtren los rayos UV para protegerse los ojos y la piel que los rodea. Use mangas largas y pantalones. Las telas oscuras y de tejido más cerrado son las mejores; algunas telas contienen factor de protección ultravioleta (UPF). Use productos con un factor de protección solar (SPF) mínimo de 50; mientras más alto el número, mayor es el factor de protección solar. Aplique la cantidad indicada de protector a la piel expuesta 30 minutos antes de estar al aire libre. Es muy importante que reaplique el protector solar cada 2 horas o después de nadar o sudar. Limite el tiempo que pasa al sol. Evite estar al sol entre las 10 de la mañana y las 4 de la tarde. Tampoco se expon-

Tipo	Longitud de onda (nm)	Acción	Capa que penetra de la piel	Efectos
Ultravioleta UVC UVB UVA	200-290 290-320 320-400	Biológica	Capa externa Capa externa Capa interna	Carcinogénicos, enrojecimiento, supresión del sistema inmune, bronceado, fotoenvejecimiento, sensibilización
Visible	400-800	Luminosa	Capa más profunda de la piel	Fototoxicidad y Fotoalergia
Infrarroja	800-1800	Calorífica	Capa más profunda de la piel	Vasodilatación, aumenta temperatura, enrojecimiento y deshidratación

Clasificación de los tipos de radiación solar

ga a otras fuentes de radiación UV, como las camas de bronceado. Use protección solar incluso en los días nublados, ya que los rayos UV se reflejan en la arena, el agua, la nieve y el hielo y atraviesan el parabrisas del automóvil y las ventanas.

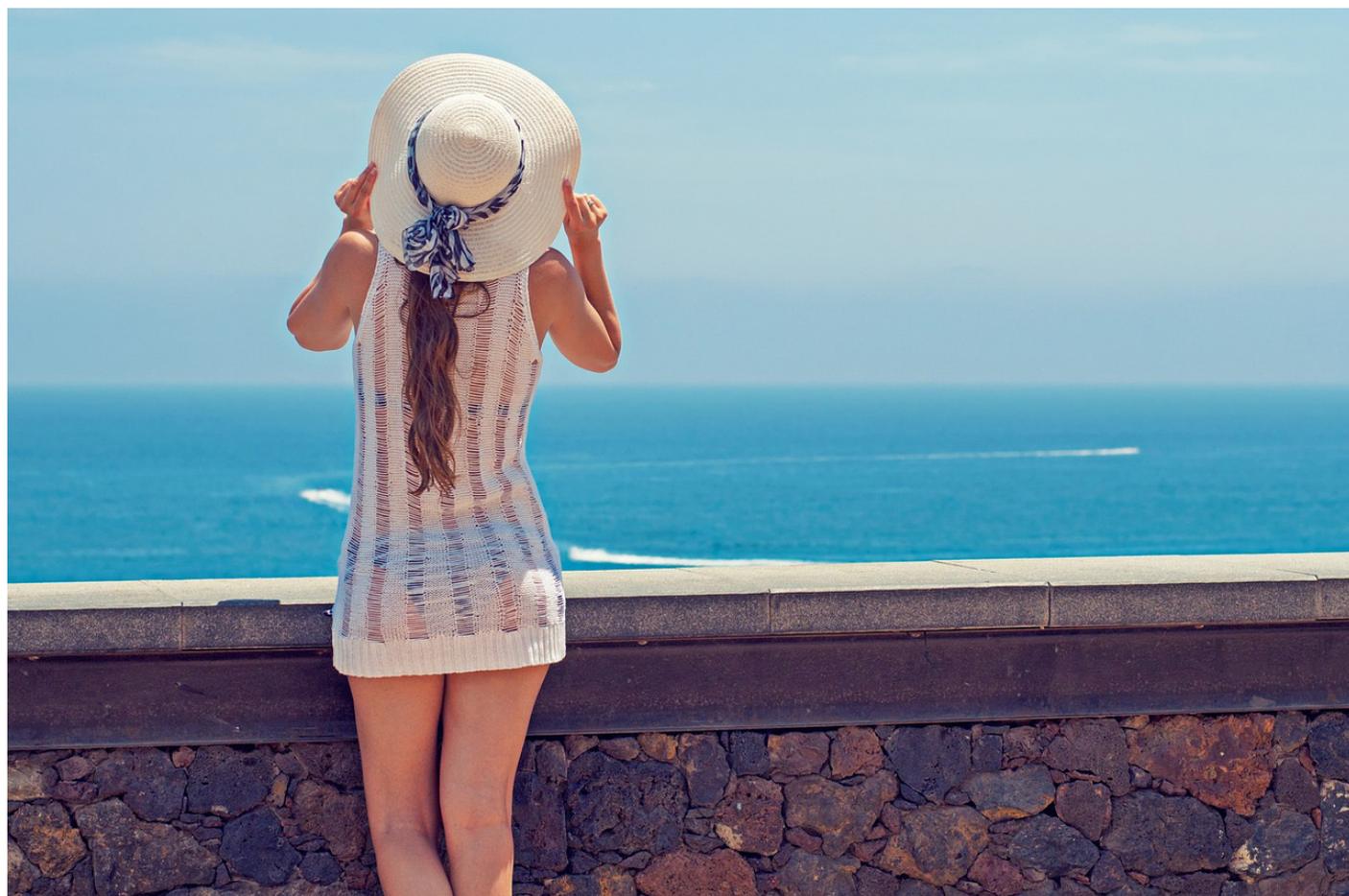
¿Qué es un bloqueador solar?

Los **filtros o bloqueadores solares** son necesarios, ya que **protegen la piel de los efectos nocivos del sol y previenen los riesgos de cáncer de piel**, como el melanoma, así como las quemaduras solares, el envejecimiento prematuro de la piel o incluso la aparición de manchas. Existen tres tipos de filtros solares:

- **Filtros físicos.** En este grupo se incluyen los pigmentos inorgánicos (óxido de zinc, dióxido de titanio, mica) opacos a la radiación solar, característica que les permite actuar a modo de pantalla, de forma que, por una parte, reflejan la luz y por otra la absorben, ofreciendo así una

extraordinaria protección frente a la radiación solar.

- **Filtros químicos.** Son compuestos naturales de estructura aromática. Los filtros más empleados son el PABA (ácido p-amino benzoico) y sus derivados, capaces de absorber radiaciones energéticas de longitudes de onda propias del espectro ultravioleta. Actúan impidiendo la transmisión de la radiación hacia los tejidos, evitando así los efectos perjudiciales que provoca la radiación solar sobre ellos. Su capacidad protectora está condicionada por la longitud de onda que sea capaz de absorber la molécula (UVB, UVA), razón por la cual normalmente se utilizan combinaciones de filtros para aumentar su efectividad y conseguir un espectro de absorción lo más amplio posible.
- **Filtros biológicos.** Son moléculas con propiedades antioxidantes, es decir, que ayudan a retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas responsables del envejecimiento del cutis y



<https://pixabay.com/es/photos/el-verano-d%C3%ADa-festivo-mujer-joven-2337955/>

Fototipo	Acción del sol sobre la piel (no protegida)	Características pigmentarias
I	Presenta intensas quemaduras solares, casi no se pigmenta nunca y se descama visiblemente	Individuos de piel muy clara, ojos azules, pelirrojos y con pecas. Su piel, habitualmente no está expuesta al sol y es de color blanco-lechoso
II	Se quema fácil e intensamente, pigmenta ligeramente y descama de forma notoria	Individuos de piel clara, pelo rubio, ojos azules y pecas, cuya piel, que no está expuesta habitualmente al sol, es blanca
III	Se quema moderadamente y se pigmenta correctamente	Razas caucásicas (europeas) de piel blanca que no está expuesta habitualmente al sol
IV	Se quema moderada o mínimamente y pigmenta con bastante facilidad y de forma inmediata al exponerse al sol	Individuos de piel morena o ligeramente amarronada, con pelo y ojos oscuros (mediterráneos, mongólicos, orientales)
V	Raramente se quema, pigmenta con facilidad e intensidad (siempre presenta reacción de pigmentación inmediata)	Individuos de piel amarronada (amerindios, indostánicos, árabes e hispanos)
VI	No se quema nunca y pigmenta intensamente (siempre presentan reacción de pigmentación inmediata)	Pieles oscuras

Fototipos cutáneos

del cáncer de piel. Los representantes de este tipo de filtro son la vitamina C y la vitamina E, así como sus derivados. Estos ingredientes mejoran el aspecto y elasticidad de la piel, potenciando el subsistema inmunológico cutáneo.

¿Qué es el factor de protección solar?

El factor de protección solar (FPS) **indica el tiempo que se puede permanecer expuesto al sol con la piel protegida en comparación con la piel sin protección, hasta la aparición del eritema.** El valor numérico que aparece en el envase de un protector solar se refiere al efecto protector frente a la radiación UVB que es la que genera eritema. **A mayor FPS mayor protección.** Los dermatólogos siempre recomiendan filtros solares con FPS de 50, que es el que brinda la máxima protección frente a la luz solar. ¿Qué filtro solar debo escoger?

En personas con acné, rosácea o piel sensible, se recomienda el filtro físico, también aconsejado para los niños. **Antes de escoger el protector**

adecuado, considere que no todas las pieles son iguales. Los distintos fototipos cutáneos de cada persona condicionan y modulan la reacción de la piel ante la exposición solar. Se ha comprobado que más del 90 % de los cánceres de piel se producen en los fototipos I y II. Las personas de piel oscura, también son sensibles a los efectos nocivos de la radiación UV.

Otro **factor que se debe tener en cuenta**, ya que marca desigualdades frente a la acción de los rayos del sol, **es la edad.** La **infancia es una etapa** en la que la piel es más **vulnerable a los rayos del sol** debido a las características de la piel del bebé/niño que lo hacen especialmente sensible como: Inmadurez de las funciones cutáneas normales e inmadurez del sistema inmunitario.

Los filtros físicos o minerales, como los químicos, son seguros y han demostrado prevenir la quemadura solar y el cáncer de piel. Los potenciales peligros del uso de estos filtros son mucho menores que los peligros de sufrir quemaduras solares.

Errores al usar el bloqueador solar

La aplicación errónea de protector solar hace que hasta el 55 % de nuestra piel quede desprotegida.

- **Aplicar poca cantidad de fotoprotector.** La cantidad recomendada es de dos dedos para la cara y de tres dedos para el resto de cada una de las zonas del cuerpo (pecho/escote, abdomen, brazo, antebrazo, espalda superior, espalda inferior, piernas).
- **Reaplicar la crema solar.** Se debe reaplicar el bloqueador solar tras un baño, cuando sudamos en exceso, cuando tomemos el sol o cuando nos secamos con la toalla, ya que una parte del filtro solar queda impregnado en la toalla y en la ropa.
- **Nunca olvidar aplicar el bloqueador.** En labios, manos, orejas, nuca, pies, rodillas, antepié, pliegues de rodillas, ojos y la cabeza (personas con pérdida de cabello), también hay

que aplicar el bloqueador. Diversos estudios demuestran que ciertos cánceres de piel aparecen con frecuencia en estas áreas, ya que no están correctamente protegidas.

Los rayos del sol pueden provocar cáncer y daños irreversibles a nuestra piel, aun cuando no estemos expuestos a ellos de manera directa. Por esta razón, es necesario utilizar todos los días protector solar.

Usar crema solar ayuda a proteger tu piel y la de tu familia, por eso se debe usar la indicada según tu tipo de piel.

Por último, no olvidar que **el mejor fotoprotector es la sombra.**



Garrote A. y Bonet R. (2008). Fotoprotección. Factores de protección y filtros solares. *Offarm.*, 7(5), 64-72. Fotoprotección. Factores de protección y filtros solares (elsevier.es)

Instituto Nacional del Cáncer. (2020). *Factores de riesgo: Luz solar.* <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/cau->

[sas-prevencion/riesgo/luz-solar#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20a%20la%20radiaci%C3%B3n,las%204%20de%20la%20tarde.](#)

Marín D. y Del Pozo A. (2005). Fototipos cutáneos. Conceptos generales. *Offarm.*, 24(5), 136-137. Fototipos cutáneos. Conceptos generales (elsevier.es)

ARTÍCULO

La vida sexual de los hongos

Karla Morelia Díaz-Tapia, María Guadalupe Zavala-Páramo y Horacio Cano-Camacho



Karla Morelia Díaz-Tapia. Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, opción Biotecnología Molecular, Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, FMVZ, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
morelia.diaz@umich.mx

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

La reproducción sexual es una de las vías de perpetuación de los genes, ya que aporta ventajas para la conservación y evolución de las propias unidades hereditarias. Así que el sexo, sea condición orgánica o funcional, representa uno de los mecanismos más importantes para la vida. Sin embargo, las formas asexuales y parasexuales de reproducción de los hongos se han conservado, lo que puede representar una ventaja evolutiva no considerada debidamente en los estudios de evolución de los seres vivos. Su conservación, muy amplia en este reino de los hongos, podría significar que dota a los organismos de características adaptativas importantes.

Palabras clave: Evolución rápida, parasexualidad, hongos, reproducción, sexualidad.

RECIBIDO: 01/02/2025; ACEPTADO: 21/03/2025;
PUBLICADO: 14/05/2025

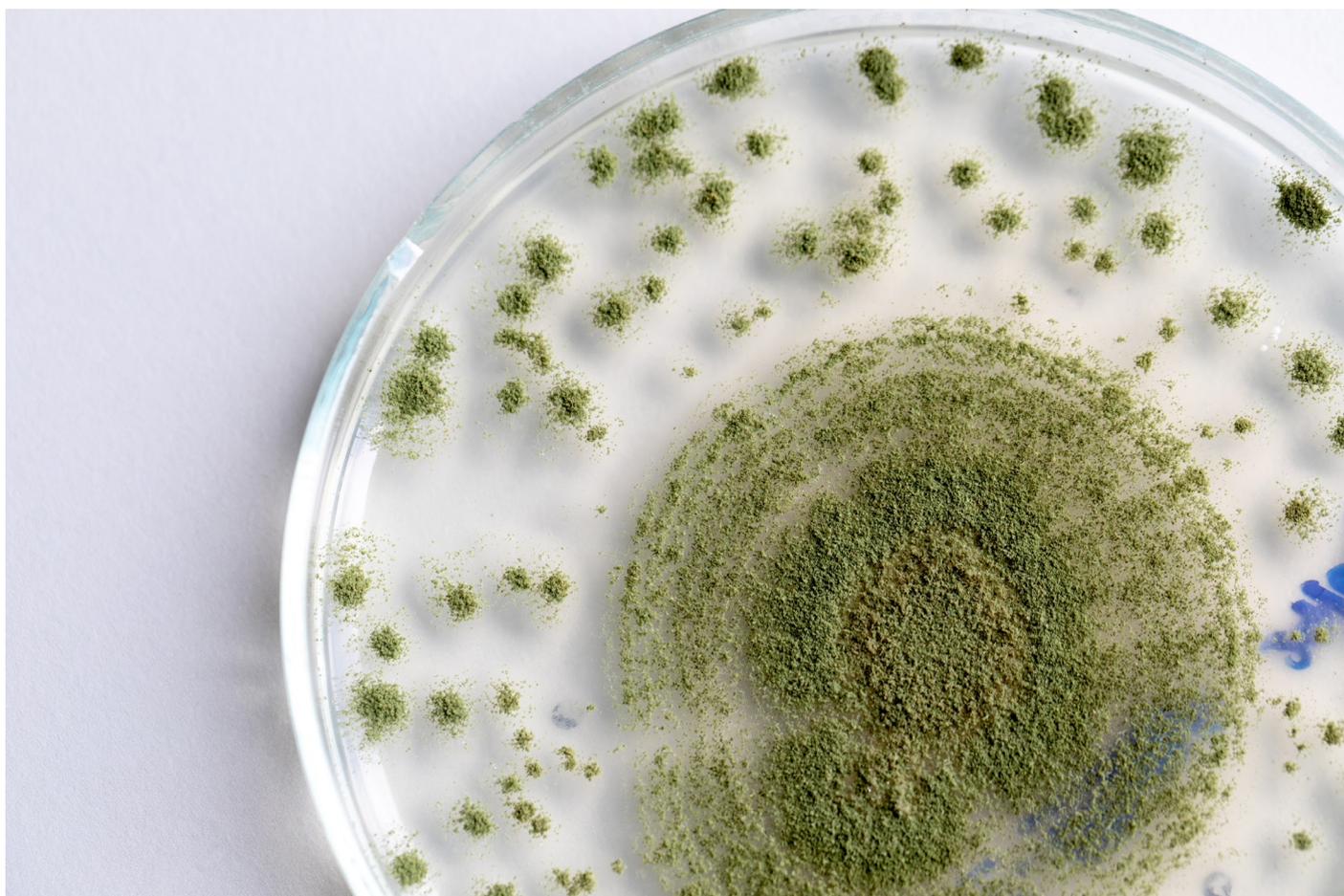
El sexo, una forma de reproducción de los organismos

Cuando hablamos de sexo, frecuentemente asumimos que el concepto se refiere específicamente a la actividad sexual en humanos. Pero en realidad, **el sexo tiene que ver con una condición orgánica en animales y otros seres vivos** que responde a factores genéticos, bioquímicos y fisiológicos **que aseguran su reproducción y permanencia en el tiempo**. Cualquier organismo que no se reproduce desaparece, es decir, su dotación genética no pasa a las siguientes generaciones.

Los **genes** son las **unidades fundamentales para la evolución de los seres vivos** y los **organismos de cualquier tipo** son los **vehículos utilizados por los genes para perpetuarse a sí mismos**, de manera que la reproducción es la vía para que estos genes se perpetúen. El sexo, o, mejor dicho, la **reproducción sexual**, es una de las vías de esta perpetuación que aporta ventajas para la **conservación y evolución de los propios genes**. Así que el sexo, sea condición orgánica o funcional, representa uno de los mecanismos más importantes para la vida.

¿De qué se trata entonces? En general, los **organismos eucariotas tienen dos copias de su información genética** (dos copias de cada gen) organizados en cromosomas dentro del núcleo de cada célula y, por ello, decimos que **son diploides**, pero la reproducción sexual implica que **cada individuo transmite solo una copia de sus genes** a través de los gametos o células sexuales (óvulos y espermatozoides) que, por tanto, **son haploides** y que, **cuando se fusionan en la fecundación, generan una célula que contiene un genoma con dos copias** (diploide), una de cada padre, a partir de la cual **se desarrolla el nuevo individuo**. La combinación de los genes de los dos individuos permite la conservación de la especie, pero también permite una variación genética necesaria para la adaptación al ambiente y sus posibles cambios a lo largo del tiempo.

La **reproducción sexual** desempeña un papel **fundamental en la conservación de los rasgos en una población** que se mezclan y combinan, conservando a la especie. Sin embargo, la combinación del material genético de ambos progenitores gene-





ra nuevas y únicas combinaciones, lo que **mantiene la diversidad genética** de una población y de la especie. Nosotros mismos no somos clones de uno de nuestros padres, ni siquiera una simple combinación de ambos, **somos una combinación nueva y única de genes**, lo que nos diferencia de ellos y de nuestros hermanos y esto se pondrá a prueba en el ambiente, de manera que seremos más capaces de sobrevivir y evolucionar como especie.

Dicho esto, debemos entender que, como nosotros los humanos, los hongos, que también son eucariotas, igualmente tienen sexo.

¿A qué grupos de eucariotas se parecen más los hongos?

De acuerdo con los análisis evolutivos más recientes, donde se han utilizado los genomas de los diferentes grupos de organismos eucariotas para establecer sus relaciones filogenómicas, los hongos, los animales y algunos organismos unicelulares flagelados integran un supergrupo al que se ha llamado Opisthokonta. **Los hongos son organismos pluricelulares**, tienen un cuerpo de estructura filamentosa (hifas) y ramificada llamada micelio, donde las células rodeadas por una pared celular se organizan una tras otra. Así, **para cada especie de hongos, existen grandes poblaciones de individuos** distribuidos en el planeta, tal y como ocurre

con nosotros y otras especies con individuos pluricelulares.

Cuando vemos el micelio de un hongo crecido en cultivo en el laboratorio, estamos viendo a un individuo, no a una colonia de individuos, como lo sería en un cultivo de bacterias. Solo por mencionar una **característica que comparten los hongos con los animales, está la presencia de quitina en sus paredes celulares**, un polisacárido que también presentan algunos animales invertebrados en sus exoesqueletos, como los insectos, las arañas y los crustáceos donde se clasifican los camarones, cangrejos y cochinillas de tierra entre otros.

¿Y qué tan grande es el número de especies de hongos?

Respecto a la abundancia de hongos en el planeta, **se estima que hay cerca de 700 000 especies; sin embargo, otros cálculos estiman cerca de 9 000 000 de especies**. El reino de los hongos agrupa a un inmenso número de individuos distribuidos en una gran diversidad de especies, la mayoría microscópicas, como las levaduras y mohos, con millones de especies. De la misma manera, encontramos miles de especies de hongos macroscópicos, los del cuerpo fructífero «típico» de hongo. Los hongos **saprófitos**, que **se alimentan de materia muerta**, tienen una **distribución en todo el**

planeta, pero hay especies y formas de distribución restringida o endémica, en particular **las simbióticas y parásitas**, todas ellas **ligadas a un determinado hábitat o bioma**.

Entonces, ¿los hongos, por ser eucariotas, se reproducen sexualmente?

Hasta hace algunos años, se creía que la mayoría de los hongos eran asexuales porque no se les encontraban los procesos de la reproducción sexual clásica y, por ello, se decía que eran «imperfectos». Es importante decir que, sin que dejen de ser eucariotas, en muchas de las especies de hongos el genoma está constituido por un único grupo de genes, por lo que son haploides; sin embargo, se reproducen y transmiten sus genes, por lo cual se creía que los hijos son clones de sus padres, es decir, que los genomas son idénticos.

Actualmente, **gracias a la secuenciación de los genomas de los hongos, sabemos que cuentan con los genes involucrados en la meiosis**, un proceso bien conocido en el que los dos grupos de genes de las células sexuales en **cada individuo diploide intercambian genes o se recombinan**, algo que es indispensable para la producción de los

gametos. Así, la presencia de **tales genes para la meiosis sugirió que**, como la mayoría de los eucariotas, **los hongos conservan su capacidad sexual**.

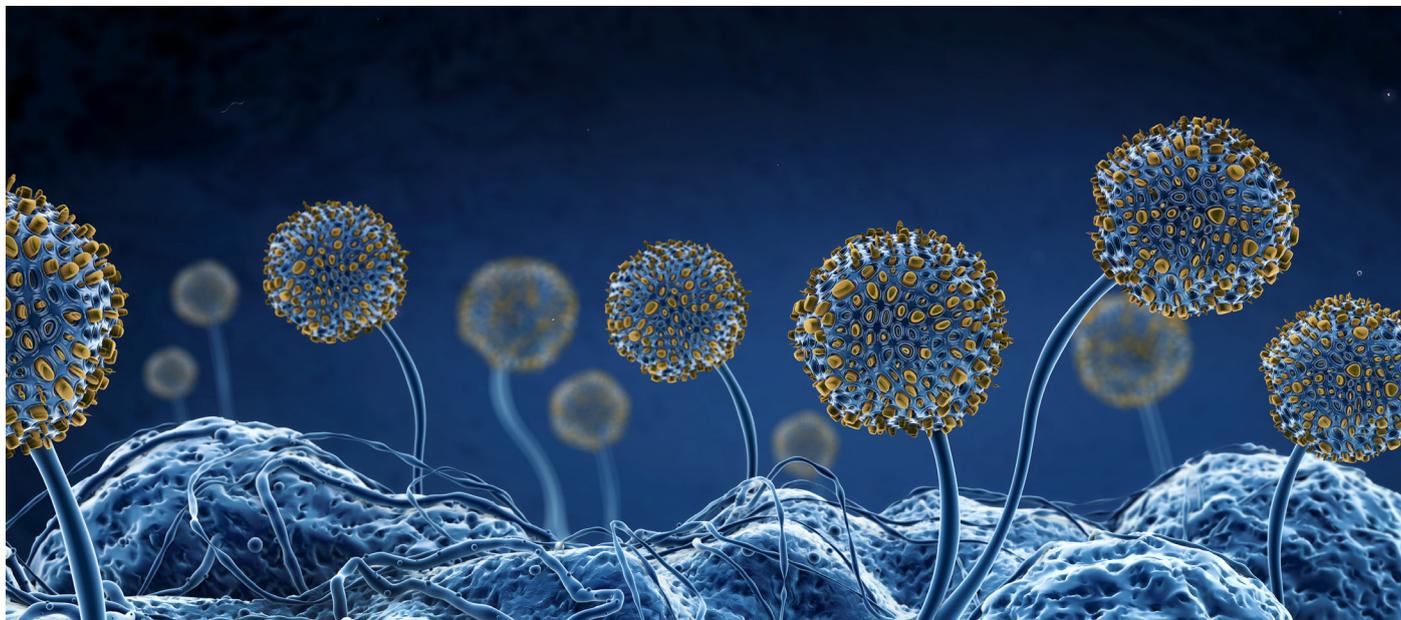
En nuestro laboratorio trabajamos con *Colletotrichum lindemuthianum*, el hongo responsable de la enfermedad de la antracnosis de los cultivos de frijol a nivel mundial. Durante muchas décadas, a este hongo patógeno **se le clasificó como uno del grupo de los *deuteromicetes***, donde se ponía a los hongos «imperfectos», **asexuales**. Pero, cuando **se comparó genéticamente con otro hongo** raramente detectado en la naturaleza y clasificado como *Glomerella cingulata*, en el cual se identificó ciclo sexual, se encontró que ambos hongos **son de la misma especie**. Ahora, nuestro hongo **se clasifica en el grupo de los ascomicetes, hongos con ciclos sexuales completos, pero también asexuales**.

Es probable que la mayoría de estos organismos tengan, como el nuestro, perfectamente conservada su vida sexual, que es difícil de identificar, y que haya otros hongos que anden por allí con otros nombres, pasando de anónimos.

¿En qué consiste la reproducción asexual de los hongos?

La asexualidad o transmisión de **genes unisexuales** es un **rasgo muy constante y conservado en muchas especies de hongos con genomas haploides**. En general, se produce la formación de esporas que son asexuales porque no han pasado por el proceso de la meiosis y, por ello, contienen una copia haploide del genoma del padre. Así, hay esporas producidas en algunos hongos en estructuras multicelulares conocidas como **esporangios**. En este caso se encuentran los zigomicetos, por ej. *Rhizopus*





sp., un patógeno de plantas. En otra variante se forman **conidias**, esporas asexuales que se producen en estructuras llamadas conidióforos. Un ejemplo de hongos con conidias son los de los géneros *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp.

Luego tenemos a los **esclerocios**, estructuras compactas y resistentes que contienen células del padre que pueden sobrevivir en condiciones adversas y luego germinar para formar nuevos individuos cuando las condiciones son favorables. Como ejemplo, el género de hongos patógenos del suelo *Rhizoctonia* sp. produce esclerocios. Por otro lado, algunos hongos pueden reproducirse asexualmente a través de la **gemación**, un proceso en el que se forma una yema o una protuberancia en el cuerpo del hongo que luego se separa y se convierte en un nuevo individuo. Esto es común en levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*, el hongo que se utiliza en la fermentación de alimentos y bebidas como el pan, el vino y la cerveza.

Finalmente, en algunos hongos, la **fragmentación del micelio** o de las estructuras fúngicas puede dar como resultado la formación de nuevos individuos. Este proceso es común en hongos que crecen en el suelo asociados a las raíces de las plantas, como los hongos micorrízicos.

Se cree que la **asexualidad de los hongos** podría ayudar a **preservar configuraciones genómicas de poblaciones** bien adaptadas y una diversidad genética que pudiera promover la adaptación a diferentes nichos ambientales muy estables o que

cambian muy lentamente. Esto sería **válido en los hongos patógenos**, cuyos huéspedes varían poco. Por ejemplo, en la agricultura de monocultivos y extensiva, donde los candidatos a ser infectados realmente tienen poca diversidad genética debido a la alta selección de sus cualidades provocadas por la domesticación. En los agroecosistemas, la transmisión de patógenos entre las plantas es muy eficiente y conduce al desarrollo de alta virulencia en la población patógena, algo que no se observa en la naturaleza.

Pero, hay otra opción: la parasexualidad

Lejos de mostrar problemas por ausencia de la reproducción sexual que aporta diversidad genética, **hay especies de hongos haploides «asexuales» que muestran plasticidad genómica con una gran capacidad para adaptarse a los cambios de su huésped**, si son patógenos, y/o adaptación a los cambios en el ambiente. Es decir, que se **transmite diversidad genética a la progenie**. Esta diversidad genética **se debe a la reproducción por medio de mecanismos conocidos como parasexuales**.

La parasexualidad implica la **fusión de células haploides o «anastomosis» entre las hifas o entre las conidias**, formando células en fase diploide donde se favorece el intercambio del material genético y de organelos. En este proceso se puede producir diversidad genética debido a que ocurre la reducción del número de cromosomas a través de una pérdida aleatoria, pero también su incremento.

Además, ocurre la recombinación de genes y el estado diploide es un motor para la evolución.

Nuestro hongo *C. lindemuthianum* presenta **reproducción parasexual** que produce «rearrreglos genómicos» por la modificación del número de cromosomas. El análisis de diferentes individuos de la especie muestra variación en el número de cromosomas. Los rearrreglos genómicos también se han reportado en *Aspergillus nidulans* y, más recientemente, en *Candida albicans*.

Así que, la persistencia de modos asexuales y parasexuales de reproducción generan muchas interrogantes, como ¿Por qué se conservan, e incluso son dominantes en muchas especies a pesar de que se tiene la reproducción sexual? ¿Implican estas formas de reproducción asexual alguna ventaja

evolutiva? Resulta muy interesante descubrir que **algunos de los principales hongos patógenos del humano**, como *Candida albicans*, un hongo oportunista que puede provocar candidiasis, vaginitis, aftas y está asociado con el desarrollo de cáncer, así como *Cryptococcus neoformans*, un patógeno que se transmite a través de las heces de palomas y otras aves y que provoca meningitis, criptococosis pulmonar y neumonía aguda atípica, a la par que su capacidad de reproducción sexual, **han retenido su capacidad de reproducción asexual**, lo que ilustra muy bien una evolución convergente y la complejidad de los organismos patógenos, tanto de plantas como de animales, donde los hongos representan tal vez el grupo más interesante y desconocido, **y se estima que pueden estar en la base de pandemias futuras.**



Calo S.R., Billmyre B. y Heitman J. (2013). Generators of phenotypic diversity in the evolution of pathogenic microorganisms. *PLoS Pathog*, 9(3), e1003181 https://www.researchgate.net/publication/236106105_Generators_of_Phenotypic_Diversity_in_the_Evolution_of_Pathogenic_Microorganisms#fullTextFileContent

Rodríguez-Guerra R., Ramírez-Rueda M.T., Simpson J. (2004). Capacidad de anastomosis de cepas del hongo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib., agente causal de la antracnosis del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(1), 37-43. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222106.pdf>

ARTÍCULO

¿Quiénes son los amigos de los helechos?

Arantza Susana Calderón-Ramírez, Stephanie Peredo-Medina y Patricia Silva-Sáenz



<https://pixabay.com/es/photos/verde-el-helecho-flora-plantas-4183977/>

Arantza Susana Calderón-Ramírez. Estudiante de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

2011009a@umich.mx

Stephanie Peredo-Medina. Estudiante de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

1727269h@umich.mx

Patricia Silva-Sáenz. Profesora e Investigadora Asociada C de tiempo completo, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

patricia.silva@umich.mx

Resumen

¿Alguna vez has visto algún insecto o cualquier otro animal sobre las hojas de un helecho? ¿Tal vez alguna araña tejiendo su telaraña o un ciempiés caminando sobre él? Aunque estos animales no son los únicos, algunos otros pueden ser herbívoros que se alimentan de estas plantas. Desde hace mucho tiempo, los helechos han tenido diversas aplicaciones, desde medicinales, prácticas raras como la elaboración de fuegos pirotécnicos, hasta su uso más conocido como plantas ornamentales. Ecológicamente, tienen gran importancia, aunque su estudio todavía es incompleto. A lo largo de cada día, y en varios ambientes, se encuentran conviviendo en distintos tipos de relaciones biológicas muy importantes. Deseamos compartir contigo quiénes son los amigos de los helechos en la naturaleza y esperamos que cuando veas alguno, te atrevas a observar detenidamente y descubrir que puede estar asociado a un pequeño animal vecino.

Palabras clave: Animales, fauna, pteridofita, relaciones bióticas.

RECIBIDO: 31/11/2023; ACEPTADO: 13/03/2024;

PUBLICADO: 14/05/2025

¿Sabes qué son los helechos?

Seguramente, más de una vez has visto un helecho en la casa de algún amigo o de la familia, en distintos establecimientos comerciales o incluso al salir a pasear, en los jardines de los camellones, en plazas públicas o también sobresaliendo o colgando de las jardineras de las terrazas en las casas de tu localidad. Estos pertenecen a un **grupo de plantas llamado**, técnicamente, ***pteridofitas (Pteridophyta)***, las cuales se sugiere que se originaron hace aproximadamente 450 millones de años sobre la superficie terrestre.

Se incluyen en un grupo denominado **plantas vasculares**, que son aquellas que **cuentan con tejidos de conducción para el agua, las sales minerales y los azúcares producidos durante la fotosíntesis**. Los helechos, a diferencia del resto de las otras plantas vasculares, **no presentan semillas**, sino que **se reproducen por esporas**. Dichas estructuras reproductoras, en la mayoría de los casos, se originan en la cara inferior de las hojas (el envés).

Además, el cuerpo de los helechos está **conformado básicamente por tres partes**: las **raíces**, los **rizomas** (que son tallos subterráneos en posición horizontal) y las hojas nombradas en estas plantas como «frondas» o «frondes».

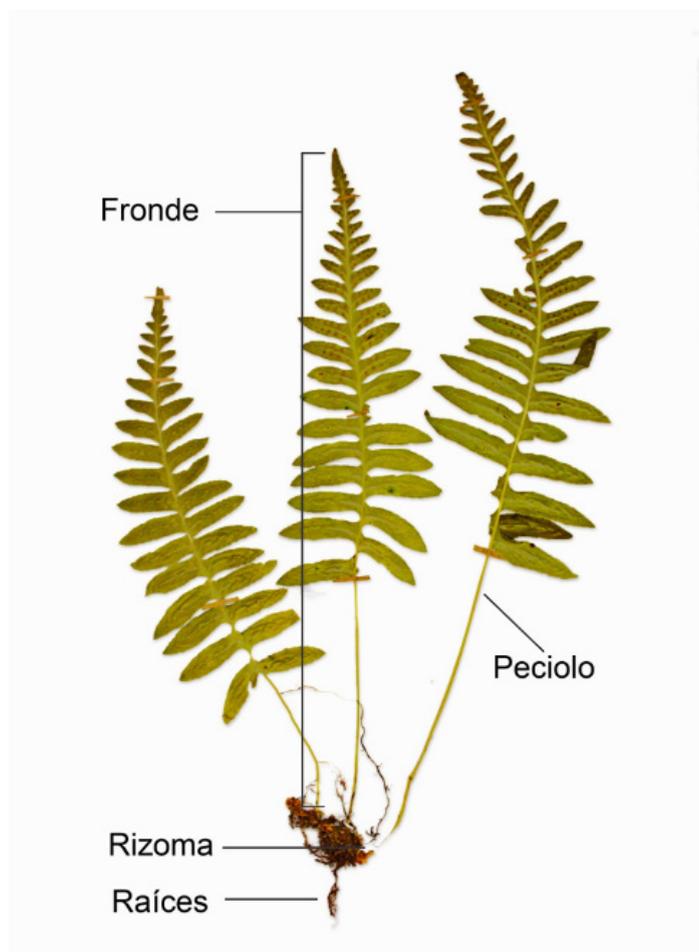
Entre los helechos **suele haber varias formas de vida**: **epífitos o hemiepífitos**, es decir, que viven sobre otras plantas; **terrestres**, que incluyen herbáceos, trepadores y arborescentes (o sea que, por su aspecto, recuerdan a los árboles); **acuáticos y subacuáticos**.

La función de los helechos

Desde hace mucho tiempo, los helechos se han usado con diferentes propósitos, por ejemplo: han servido **como medicina** para curar diferentes enfermedades; **como alimento**, las hojas jóvenes de algunas especies se consumen cocinadas o crudas en ensaladas o en encurtidos; del helecho acuático llamado *Azolla* («helecho de agua») se prepara **fertilizante para cultivar arroz**; las abundantes raíces compactadas de algunos helechos arborescentes son utilizadas **para labrar tablas o macetas** para el cultivo de otras plantas como las orquídeas; de esos helechos también se obtienen los tallos para la **construcción de casas rústicas** y las hojas **para edificar paredes y bardas**; de otros, se obtienen los tallos flexibles para **manufacturar muebles** o para confeccionar objetos de decoración (canastas o brazaletes); de algunos otros se obtienen **tinciones** a partir de sus cortezas.



Envés de la fronda de un helecho con agrupaciones de esporangios (soros). Kenia Velasco/CONABIO.



Partes de un helecho (*Polypodium colpodes*). Fotografía tomada de un ejemplar del Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (EBUM).

Otro ejemplo de un helecho muy popular en México, llamado vulgarmente «cola de caballo» (técnicamente género *Equisetum*), tiene un tallo de superficie áspera, lo que lo hace conveniente **para pulir metales o como estropajo para lavar trastes. Flashes para cámaras fotográficas, iluminaciones y fuegos pirotécnicos** pueden obtenerse a partir de las esporas del *Lycopodium* («licopodio» o «pino de tierra»). Otros son útiles en la **protección de frutas y verduras**, usando ramas y hojas como material para embalaje, o incluso como **relleno de colchones** con hojas de *Pteridium*.

Ecológicamente, los helechos tienen una gran importancia, aunque no siempre es ampliamente reconocida. Se desempeñan en los distintos ecosistemas, puesto que **son plantas colonizadoras de ambientes** (por ejemplo, en corrientes de lava como la del volcán Parícutín en Michoacán, México), **formadoras de suelo** y muchos de ellos son excelentes **para prevenir el desgaste** del mismo. Además, realizan un papel sustancial en la vida de algunos animales, destacando el hecho de que en

muchas ocasiones **sirven como hábitats** para ellos.

¿Cuántas especies de helechos existen y dónde viven?

Los helechos son tan abundantes que **se conforman por un aproximado de doce mil especies a nivel mundial**, de las cuales **mil catorce se encuentran en México**. Están presentes en casi cualquier tipo de vegetación. Los hay en el bosque tropical perennifolio, en el bosque de pino-encino, el bosque tropical caducifolio, los matorrales xerófilos y la vegetación acuática. Aunque en general se les encuentra principalmente en zonas tropicales, es **en el bosque mesófilo** donde **tienen mayor riqueza de especies**.

¿Qué tipos de interacciones se conocen entre los helechos y otros seres vivos?

En general, existen tres tipos principales de interacciones entre los helechos y otros seres vivos: el neutralismo, antagonismo y mutualismo.

En el **neutralismo** hay una relación hospede-ro-epífita (quien brinda soporte y quien crece sobre otro organismo vegetal, respectivamente), en la cual el helecho epífita crece sobre un árbol, aprovechando el espacio que este le otorga, pero **sin afectar al hospedero positiva o negativamente**.

Por otro lado, en las interacciones **antagónicas**, un ser vivo **recibe cierto beneficio a costa del otro**. Por ejemplo, el parasitismo (uno de ellos enferma o daña al otro) y la herbivoría (animales que se alimentan de plantas), o bien cuando uno le impide al otro desarrollarse, como en la competencia, donde solo uno de los dos sobrevive.

En las interacciones **mutualistas**, los organismos **se benefician unos de otros de forma dependiente**, por lo que muchos no logran sobrevivir por sí solos.

Las interacciones entre plantas y animales han ocurrido desde que la tierra fue conquistada. Prueba de ello es que se han descubierto arácnidos trigonotárbidos (un orden ya extinto) dentro de esporangios (órganos contenedores de esporas en los helechos) vacíos de *Rhynia*, un género fósil

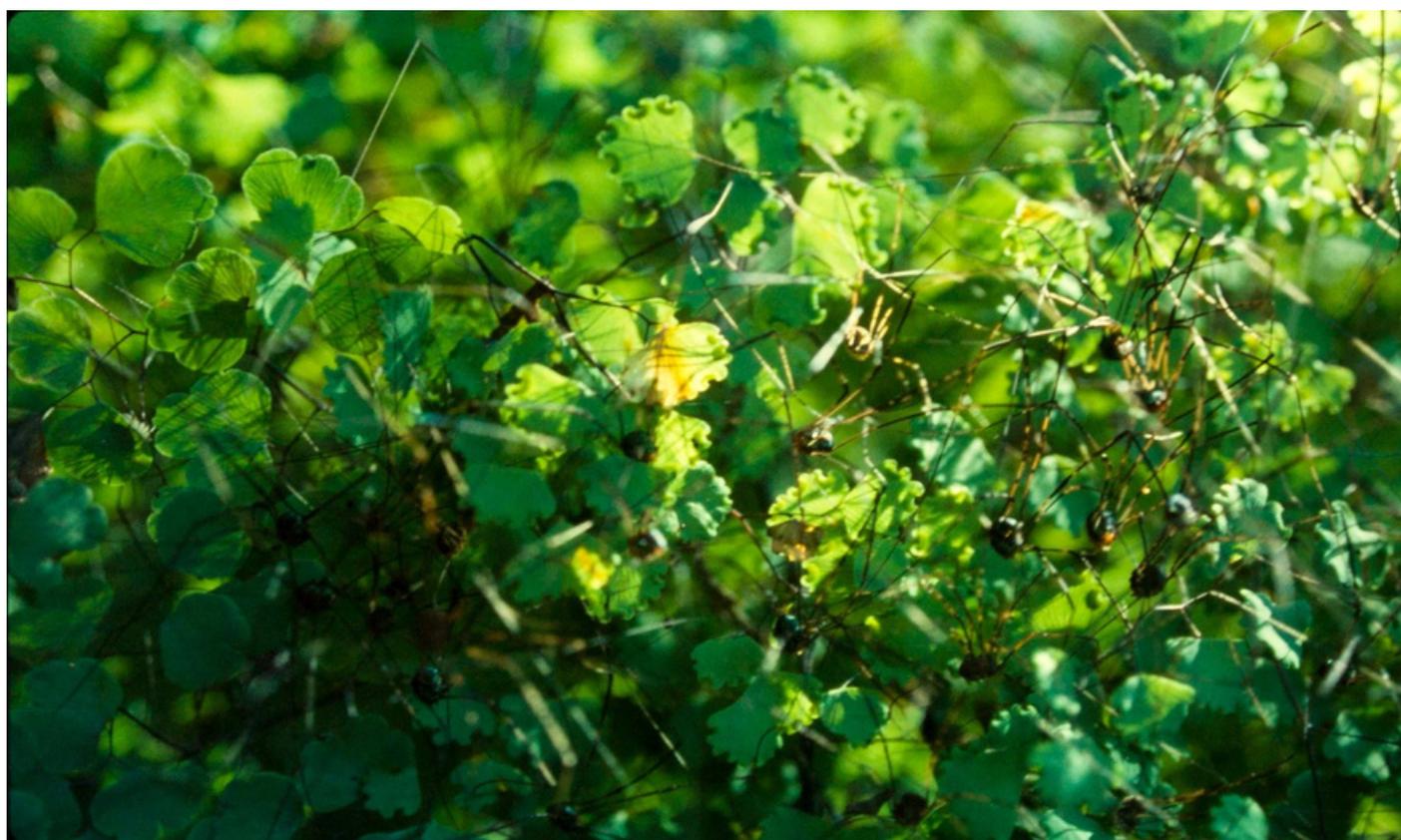
que vivió hace aproximadamente 419 millones de años. Lo anterior supone que dichos animales pudieron haber consumido como alimento las esporas de esos organismos, con múltiples beneficios tanto para la planta como para los animales, ya que se ha probado que algunas de las esporas ingeridas por los artrópodos modernos pueden permanecer viables después de pasar por el intestino. De este modo, **la alimentación con esporas y el traslado con aire de las mismas, pudo haber ayudado a la dispersión vegetal y con ello a la colonización de la tierra.**

En el periodo Devónico se conocían muy pocos animales sobre la superficie terrestre, pero entre los conocidos se encontraban los artrópodos como los ciempiés, milpiés, arañas, pseudoescorpiones, ácaros y, posiblemente, los pececitos de plata. La evidencia fósil muestra que estos animales eran principalmente depredadores y descomponedores. **Incluso, al final de la era Paleozoica, pudieron aparecer los primeros herbívoros vertebrados cuyas interacciones con los helechos existen desde hace millones de años.**

Esta relación es propuesta gracias a las heridas observadas en algunas plantas fósiles y a la presencia de materia fecal fósil constituida por numerosas esporas, como se mencionó antes, las células reproductoras de los helechos. Hay muchas **otras relaciones de animales con helechos**, por ejemplo, existen **las lombrices de tierras exóticas**, que reducen la profundidad del suelo, de lo cual depende la absorción de nutrientes para la planta.

En la actualidad, los herbívoros son principalmente artrópodos (insectos, arañas, ciempiés, mariposas, entre otros). En su interacción, muy pocos de ellos subsisten de los helechos y, en el caso de los insectos, la mayoría prefieren consumir las hojas, aunque hay algunos que se alimentan de raíces y esporas. También **algunos vertebrados se alimentan de estos, como los jabalíes, el ganado y algunas aves.**

Se han llevado a cabo varios **estudios sobre la relación que existe entre los helechos y los animales**, y se han encontrado organismos inimaginables en ellos, desde larvas y adultos de la especie *Strongylogaster multifasciata*, perteneciente al gru-



Opiliones sobre frondas de *Adiantum* sp. Jerzy Rzedowski Rotter/CONABIO.

po de las moscas, encontrados sobre ejemplares de *Pteridium aquilinum* (el helecho «petatillo»), hasta mariposas y escarabajos. Aunque estos animales no son los únicos que prefieren lugares con helechos para vivir, algunas **especies de paurópodos** (miriápodos, parientes de los llamados «milpiés» y «ciempiés»), **han sido encontradas en estas plantas**, un tipo de hábitat considerado «raro» para este grupo. También se han encontrado **«ositos de agua»** (tardígrados) sobre musgos asociados con los helechos, así como **diversos invertebrados** sobre helechos arborescentes. Se ha visto también que los helechos han sido **parte importante en la composición de los nidos de algunas aves**. En un nido de la especie *Pseudocolaptes boissonneautii* (ave llamada «repamusgos

barbablanca andino»), se encontraron varias plantas entre las cuales hubo registro de helechos, incluyendo a helechos arborescentes.

Ahora que ya lo sabes, cuando visites un bosque, salgas a pasear a las calles, a cualquier lugar de la naturaleza, o simplemente al jardín de tu casa, podrás recordar la gran importancia que tienen los helechos en el medioambiente y en nuestra vida diaria.

Recuerda que siempre serás bienvenido para cuidarlos y preservarlos, pues tú también puedes ser el mejor amigo de los helechos.



Castillo R., Cabrera D. y Lombana E. (2011). Lepidoptero-fauna. (*Insecta: Rophalocera*) presente en la reserva privada: refugio del oso de anteojos (Calvario-Meta), Colombia. *Cultura Científica. JDC*, 28-35, https://revista.jdc.edu.co/index.php/Cult_cient/article/view/214/234

Muñiz M., Mendoza-Ruiz A. y Pérez-García B. (2005). Usos de los helechos y plantas afines. *Etnobiología*,

(5), 117-125. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/240/241>

Muñoz-Li R. y Jover-Capote A. (2021). Diversidad de tardígrados (Tardigrada) asociados a briofitos en el jardín de los helechos en Santiago de Cuba. *Novitates Caribaea*, (17), 32-44. <https://novitatescaribaea.do/index.php/novitates/article/view/245/229>

ARTÍCULO

Bioluminiscencia: ¿Brilla incluso aquello que no se puede ver?

Luis David Cevallos-Oleta e Israel Benítez-García



https://www.freepik.com/free-photo/body-water_13126578.htm#fromView=search&page=1&position=21&uuid=ec17e2fd-40e9-43e0-91a4-338e84bogbed

Luis David Cevallos-Oleta. Estudiante de Maestría en Ciencias Aplicadas, Universidad Politécnica de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa.
2022030008@upsin.edu.mx

Israel Benítez-García. Profesor del programa académico de Ingeniería en Biotecnología y Coordinador de la Maestría en Ciencias Aplicadas de la Universidad Politécnica de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa.
ibenitez@upsin.edu.mx

Resumen

Alguna vez te has preguntado: ¿Cómo es que las luciérnagas brillan? Pues yo sí, y eso me ha llevado a hacerme otras, por ejemplo: ¿Por qué brillan? ¿Existen otros organismos capaces de producir luz de la misma manera? ¿Por qué no hemos aprovechado esta capacidad para hacer nuestra vida más fácil? Si tienes una mente curiosa y te gustaría conocer la respuesta a algunas de estas interrogantes, te invito a leer este artículo y descubrir qué se encuentra más allá de la luz.

Palabras clave: Bioluminiscencia, biosensor, luciferasa, luciferina.

RECIBIDO: 30/11/2023; ACEPTADO: 13/03/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025.

¿Qué es la bioluminiscencia?

La capacidad de algunos organismos vivos de producir luz por medio de reacciones químicas, sin necesidad de combustión ni la generación significativa de calor, es conocida como bioluminiscencia y está presente en una gran variedad de organismos en nuestro planeta. Esta capacidad llega a presentarse en especies muy variadas entre sí, como los hongos fructíferos terrestres, escarabajos, gusanos, las propias luciérnagas, entre muchos otros.

La capacidad de los organismos para emitir luz es fascinante desde un punto de vista estético y evolutivo, aparte de que también se ha convertido en una herramienta en laboratorios de investigación. Pero antes de entrar en detalle acerca de los mecanismos de la bioluminiscencia, es importante que hagamos algunas aclaraciones. La bioluminiscencia no es lo mismo que la fosforescencia o que la fluorescencia. Estos tres fenómenos tienen en común su resultado, la emisión de luz; sin embargo, los mecanismos que les rigen son distintos.

La diferencia es que la fosforescencia y fluorescencia se basan en la absorción de luz para su posterior «liberación», mientras que la biolumi-

niscencia puede darse sin la absorción previa de la misma, ya que la luz es creada por una reacción química. Es crucial aclarar la diferencia para no confundir a ciertos organismos que son capaces de emitir luz, pero no son bioluminiscentes, como es el caso de los escorpiones, que son capaces de absorber luz ultravioleta y liberar una luz azulada solo mientras sean iluminados con esta luz en específico, características que pertenecen a los organismos fluorescentes.

Ahora, ¿cómo es que los organismos bioluminiscentes producen luz?

Para comprender los mecanismos de la bioluminiscencia es fundamental entender lo que conocemos coloquialmente como «luz». La luz visible forma parte del espectro electromagnético, una clasificación que hemos dado a los fenómenos relacionados con los fotones y la frecuencia a la que estos viajan. Un fotón es una partícula elemental, es decir, que no está conformada por otras partículas más pequeñas, como es el caso de los átomos que están conformados por electrones, neutrones y protones que, a su vez, están conformados por otras partículas elementales.



Hongo bioluminiscente *Panellus stipticus*.



https://www.freepik.com/free-vector/enchanted-forest-landscape-background_19376483.htm#fromView=search&page=2&position=5&uuiid=86d1aca2-e8af-44f2-b8bo-6a6d895797af

Los **fotones** presentan **propiedades únicas** que les confieren cualidades fascinantes, una de ellas es que son **capaces de viajar por el espacio a distintas frecuencias ondulatorias**; es fácil imaginar este movimiento como el de una cuerda de guitarra vibrando: puede vibrar más rápido o más lento haciendo que la frecuencia a la que la cuerda sube y baja sea mayor o menor. Nuestros ojos son capaces de percibir los fotones cuando estos viajan a ciertas frecuencias. **La «luz» con frecuencias más bajas es percibida en tonos de color rojizo**, mientras que **las frecuencias más altas** pertenecen a los **tonos de color azulado**. Los fotones pueden viajar en **frecuencias aún más bajas** como la **luz infrarroja** o las **ondas de radio**, así como **frecuencias más altas** como la **luz ultravioleta** o los **rayos X**. Nuestros ojos no son capaces de percibir ninguna de estas frecuencias.

Ahora, volviendo a los **organismos bioluminiscentes**, estos son capaces de emitir luz gracias a que han evolucionado para generar **moléculas especializadas llamadas luciferinas**, las cuales, como la mayoría de las moléculas, tienen una estructura estable, incapaz de emitir luz. Sin embargo, tras oxidarse (perder electrones), se convierten en es-

tructuras inestables con sus electrones fuera de sus órbitas innatas. Este estado no puede mantenerse por mucho tiempo, así que el electrón debe deshacerse de la energía que lo impulsó a cambiar de orbital, liberando la energía en forma de radiación electromagnética, es decir, en forma de un fotón.

El proceso de oxidación de las luciferinas no es espontáneo; si lo fuera, los organismos bioluminiscentes no serían capaces de controlar cuándo y cómo brillar. Como ocurre en seres vivos, **las reacciones químicas no espontáneas son catalizadas por enzimas** (proteínas capaces de acelerar una reacción). **En el caso de las luciferinas, estas cuentan con las luciferasas**, enzimas que, en presencia de oxígeno, son capaces de oxidar a las luciferinas. Estas enzimas representan un gasto energético para los organismos, utilizando una molécula de ATP o Adenosín trifosfato, una molécula que cumple una función similar a una batería, como fuente de energía de la reacción.

¿Por qué gastar tantos recursos en brillar?

Tomando en cuenta todo el gasto energético y de recursos que la bioluminiscencia supone, cabe preguntarse si esta habilidad resulta rentable. **Los**

usos dados a esta capacidad son tan variados como la propia morfología y hábitat de los organismos que la poseen. En el caso de los hongos, que cuentan con una **luz verdosa**, se tiene como teoría principal que el objetivo de su luz es **atraer insectos hacia su órgano fructífero**; cuando estos interactúan con él mismo, liberan sus esporas y las diseminan a su paso, sirviendo así al proceso reproductivo del hongo.

Las **luciérnagas** también aprovechan esta capacidad en su proceso reproductivo, pero de una forma distinta, ya que **la utilizan para atraer e identificar a posibles compañeros para reproducirse**. Con su luz amarillenta, claramente distinguible en la oscuridad de la noche, son capaces de modular la intensidad y la duración de su brillo, creando así patrones que permiten a otros miembros aptos de la misma especie encontrarlas rápidamente. Los **organismos marinos** cuentan con una **luz generalmente azulada**, la cual curiosamente es capaz de viajar mayores distancias en el lecho marino comparado a otros colores. En lo referente a su aplicación, estas podrían ser mucho más variadas que en el caso de los hongos.

Muchos de los organismos que aparentan ser bioluminiscentes en realidad solo hospedan a bacterias que sí tienen dicha capacidad. Este huésped disfruta de muchos beneficios, como utilizar esta capacidad como **un cebo para atraer presas**, para **deslumbrar a depredadores** o incluso como un **método de comunicación en el fondo marino**, en donde quizás la única fuente de luz, sea la propia. Podemos intuir que los colores, intensidad y propiedades de la luz que estas moléculas presentan, no son una coincidencia, son el resultado de millones de años de evolución que han otorgado a estos organismos la mejor herramienta para cada trabajo.

¿Aprovechamos la bioluminiscencia?

Es fácil pensar que no aprovechamos del todo la bioluminiscencia. El beneficio que hemos obtenido no es algo apreciable en el día a día, no vamos de noche por una calle iluminada por hongos o biorreactores llenos de bacterias brillantes. La realidad de cómo hemos aprovechado a estos seres vivos es mucho menos llamativa, pero no menos importante.

Uno de los primeros usos que se le dio a la bioluminiscencia fue como indicador de procesos que de otra manera serían «invisibles» para nosotros. Por ejemplo, desde hace muchos años, **se ha aprovechado a las luciferinas con sus respectivas luciferasas para, en ratones, rastrear la migración de células y su proliferación *in vivo***, es decir, podemos ver la evolución y ubicación de células específicas, incluyendo a células cancerosas. Esto nos ha permitido rastrear en una escala macroscópica la proliferación y metástasis del cáncer. Gracias a estas mismas técnicas, e igualmente en ratones, **hemos sido capaces de seguir el tráfico de linfocitos (células del sistema inmune), su reproducción y dirección**. Este tipo de implementación ha ampliado enormemente nuestro entendimiento de procesos complejos y de difícil seguimiento dentro de organismos enfermos.

Los ejemplos mencionados son solo algunas formas de aplicación que tenemos para la bioluminiscencia; sin duda, el ingenio humano puede y ha dado para mucho más. Hemos sido capaces de **medir contaminantes en el medioambiente de forma ultra precisa, aprovechando la bioluminiscencia**, incluso se experimenta hoy día con la activación de rutas metabólicas completas con la exposición intracelular de proteínas fotorreceptoras a ciertas frecuencias de radiación electromagnética.

Si logramos conseguir la modificación avanzada y minuciosa de las luciferinas y luciferasas, podríamos comenzar una revolución en todo lo que se ha logrado hasta ahora y se cree posible en este campo de la ciencia.



Acosta J. y Laguna L. (2022). ¡Hágase la luz!: Hongos bioluminiscentes y sus aplicaciones biotecnológicas. *RD-ICUAP*, 8(22), 114-126. <https://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/684/891>

Love A. y Prescher J. (2020). Seeing (and using) the light: Recent Developments in Bioluminescence Technology. *Cell Chemical Biology*, 27(8), 904-920. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2020.07.022>

Sáenz C. y Nevárez G. (2010). La bioluminiscencia de microorganismos marinos y su potencial biotecnológico. *Acta Química Mexicana*, 2(3). https://www.academia.edu/27872472/LA_BIOLUMINISCENCIA_DE_MICROORGANISMOS_MARINOS_Y_SU_POTENCIAL_BIOTECNOLOGICO

ARTÍCULO

El moho gris que ataca a las plantas

Ana María Huerta-Olalde y Rafael Salgado-Garciglia



https://www.freepik.com/free-photo/back-view-farmer-watering-plants_8664270.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=145db7ad-8206-4e8d-87cc-fb288dc919e2

Ana María Huerta-Olalde. Investigadora posdoctorante en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

amhuerta@umich.mx

Rafael Salgado-Garciglia. Profesor e investigador, responsable del Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

rafael.salgado@umich.mx

Resumen

Botrytis cinerea es un hongo patógeno de plantas que causa la enfermedad del «moho gris», una de las más destructivas a nivel mundial que ocasiona graves pérdidas económicas. Además de ser un patógeno agresivo, es un organismo versátil, ya que tiene la capacidad de infectar más de 200 especies de plantas y, por si fuera poco, además de dañar tejidos sanos, también es capaz de crecer y de reproducirse en tejidos dañados, senescentes y muertos. Dentro de los cultivos preferidos de este hongo se encuentran las frutillas, siendo la uva, la fresa y la zarzamora los cultivos con mayor incidencia.

Palabras clave: *Botrytis cinerea*, cultivos, hongo, patógeno.

RECIBIDO: 28/11/2023; ACEPTADO: 01/08/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

Si escuchas la palabra moho, seguro lo relacionarás con un hongo, ¡y no estás equivocado! El moho que aquí te describimos, es provocado por un **hongo fitopatógeno**, es decir, que **ataca plantas** y es considerado el segundo más importante a nivel mundial por su importancia económica y científica, a la vez de tener la **capacidad de infectar a más de 200 especies de plantas**. Nos referimos a *Botrytis cinerea* que, en nuestro país, es reconocido por atacar los frutos de fresa, zarzamora, uva y otras frutillas o *berries*.

¿Por qué moho gris?

Aunque son diversas las especies de *Botrytis* que producen esta enfermedad denominada «moho gris», como *B. patula* y *B. caroliniana*, *B. cinerea* es la única reportada en México. El nombre de la enfermedad hace referencia a una etapa del desarrollo del hongo en la que este adquiere la apariencia de una vellosidad gris claro a oscuro. Esta vellosidad es parte del crecimiento del micelio y contiene las esporas del hongo (células reproductivas), la enfermedad produce lesiones de color gris-marrón en diferentes partes de las plantas,

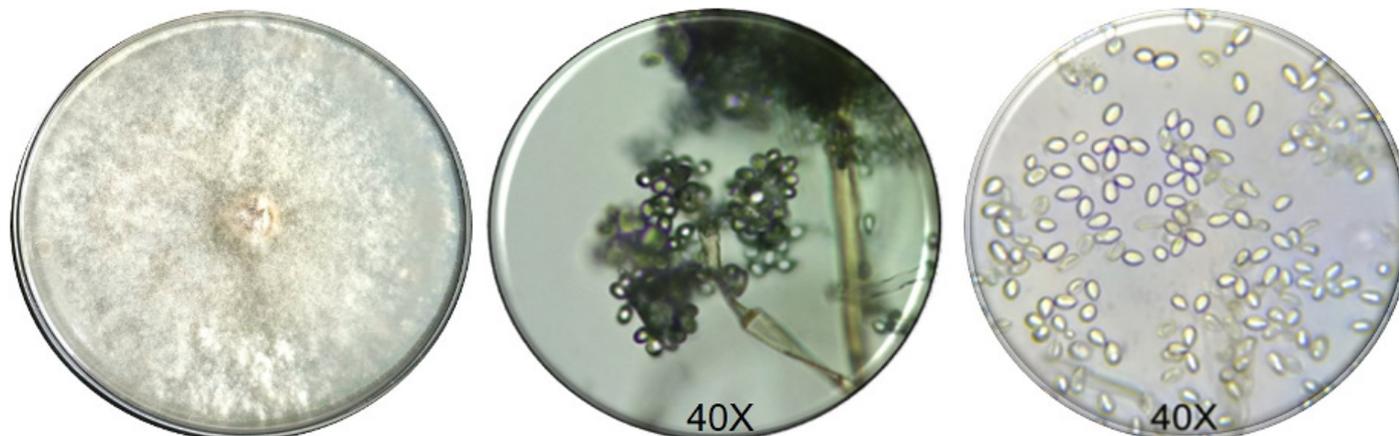
como hojas, tallos, frutos y flores, por lo que esta enfermedad también es conocida como «podredumbre gris». En los frutos de fresa y de zarzamora ocurre la enfermedad durante su vida de anaquel (postcosecha), haciéndose muy evidente la presencia del moho gris provocado por *B. cinerea*. Debido a la gravedad de los síntomas y la velocidad de transmisión de la enfermedad, el «Moho gris» es, sin duda, una de las enfermedades más limitantes para los cultivos de *berries*.

Botrytis cinerea: Diferentes mecanismos de ataque

Este hongo es **considerado saprófito**, ya que **se alimenta de materia orgánica en descomposición; necrotrófico**, porque **se alimenta y parasita tejidos u órganos de las plantas**, produciendo toxinas y otros componentes que destruyen las células para alimentarse de los restos de las células muertas; y, **facultativo**, porque **puede inducir la enfermedad en tejidos vegetales sanos**. Como vemos, es un **patógeno que presenta diversos mecanismos para atacar a las plantas**. Quizás esto se relacione con lo difícil que es evitar o controlar esta enfermedad, pero esto lo veremos más adelante.



Imagen propia.

**Micelio *in vitro*****Conidióforos****Conidios**

El nombre del género *Botrytis* se deriva del griego clásico *botrys*, 'racimo de uvas', por la organización de las esporas; el nombre de la especie procede del latín *cinerea-us*, 'ceniciento'. Es un hongo Ascomycete que **produce una gran cantidad de esporas sexuales** llamadas conidios, que son **de forma oval en el extremo de los conidióforos grises ramificados**, en forma de racimos de uvas. Estas esporas se **dispersan fácilmente por el viento y la lluvia**, lo que le permite causar nuevas infecciones en tejidos vegetales con una alta humedad, en los que germinan y el micelio ingresa aprovechando la presencia de pequeñas heridas para, en el interior, producir abundante micelio gris y de nuevo desarrollar los conidióforos, provocando la enfermedad y multiplicar millones de esporas infectivas.

Además, **produce otras estructuras denominadas esclerocios**, que son formas de resistencia en cultivos viejos. Esto le ayuda a pasar el invierno, o las temperaturas bajas, hasta que las condiciones ambientales sean favorables, como en primavera, estos germinan y producen de nuevo conidióforos.

¿Cómo se controla el moho gris?

De acuerdo con los **mecanismos que *B. cinerea* utiliza para atacar**, o bien para resistir y aprovechar el momento oportuno para causar esta enfermedad, **no es fácil su control**. Tomando en cuenta sus hábitos y condiciones de crecimiento, **se han utilizado métodos preventivos y prácticas culturales** como el cultivar las plantas en alta lumi-

nosidad, evitando plantaciones muy densas que no permitan periodos diarios de alta humedad relativa, condensación de agua y temperaturas bajas. El realizar podas y limpieza en la base de los cultivos y el uso de cubiertas plásticas de invernadero, reduce la esporulación y, por ende, las infecciones.

Con **control biológico se han utilizado diversos hongos** como *Trichoderma* spp., *Mucor* spp., *Penicillium* spp. y *Verticilium* spp., y **bacterias** como *Bacillus amyloliquefaciens*, considerados como antagonistas de *B. cinerea*. Aunque el control fitosanitario se realiza con la aplicación de algunos fungicidas biológicos, **mayormente siguen utilizando los fungicidas químicos-sintéticos**. El mal uso de estos ha provocado la **aparición de cepas fúngicas resistentes a este tipo de productos químicos**, por lo que es necesario buscar otras alternativas para el manejo integrado de la enfermedad, como la generación de plantas resistentes a este hongo.

Mutantes para combatir al «Moho gris»

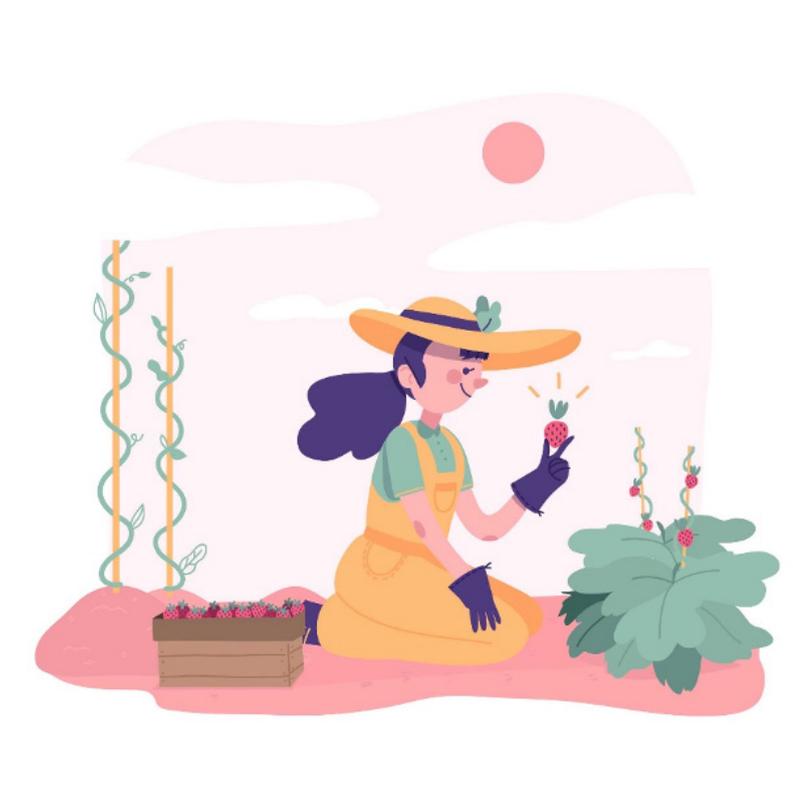
En la actualidad, **la biotecnología cuenta con nuevas metodologías para crear y buscar mutantes resistentes a los hongos**. Las mutaciones son cambios que se presentan de manera natural y suelen pasar cientos o miles de años para que un organismo presente una mutación; sin embargo, los métodos de selección genética vegetal como las **mutaciones inducidas** mediante el uso de radiaciones gamma ha hecho posible que se acorte el tiempo y generar diversas alteraciones de tipo

estructural, fenotípico y de comportamiento de células, tejidos, órganos y plantas completas que **han dado como resultado plantas con nuevas características, entre ellas la resistencia a hongos.**

Hoy en día contamos con una inmensa variedad de plantas mutantes y, buena parte de ellas, las comemos. Plantas cuyos ancestros fueron sometidos a rayos gamma para saber o lucir mejor, o bien para seleccionar una característica de interés, tal es el caso de plantas de mutantes de zarzamora resistentes a *B. cinerea*.

Como hemos visto, para el control del moho gris es posible **disminuir o evitar el uso de**

fungicidas que sean dañinos al ambiente y para nuestra salud, alternativas que en algunos lugares son ya una realidad, pero sigue habiendo una necesidad de **producir plantas resistentes a *B. cinerea* que no requieran de altas aplicaciones de estos compuestos** para disminuir los insumos durante su cultivo y produzcan los mismos o mejores rendimientos.



https://www.freepik.com/free-vector/organic-farming-concept-with-farmer_7086595.htm#fromView=search&page=5&position=45&uuiid=c8e4cd61-d447-4d9a-93be-a8bbc1d6e632



Huerta-Olalde A.M., Hernández-García A., López-Gómez R., Fernández-Pavía S.P., Zavala-Páramo M.G. y Salgado-Garciglia R. (2022). In vitro selection of blackberry (*Rubus fruticosus* 'Tupy') plants resistant to *Botrytis cinerea* using gamma ray-irradiated shoot tips. *Plant Biotechnology*, 39(2), 165-171. https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantbiotechnology/39/2/39_22.0312b/_pdf/-char/en

Larios-Palacios O.E., López-Vázquez E.Y., Curiel Rodríguez A., Ruíz-Espinoza F.J., Solano-Vidal R. y Serra-

to-Cruz M.A. (2020). Evaluación *in vitro* de métodos contra *Botrytis Cinerea*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), ME:593-606. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2077/3135>

Terrones-Salgado J., Nieto-Angel D., Nava-Díaz C. Téliz-Ortiz D., García-Velasco R. Vallejo-Pérez M.R. y Sánchez-García P. (2019). *Botrytis cinerea* causante del moho gris en frutos de zarzamora en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 37(3), 365-382. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v37n3/2007-8080-rmfi-37-03-365.pdf>

ARTÍCULO

Los derechos humanos y su protección internacional

Ricardo Villagómez-Villafuerte



https://www.freepik.com/free-photo/closeup-diverse-people-holding-hands_3277780.htm#fromView=search&page=1&position=11&uuid=1b6ebe10-3c26-4b27-903f-d5c55dd955aa

Ricardo Villagómez-Villafuerte. Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias Jurídicas del Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

ricardo.villagomez@umich.mx

Resumen

En la época contemporánea, los derechos humanos se están ampliando mediante acuerdos, tratados internacionales e instituciones que buscan su observación, respeto y reparación en un plano universal. En el ámbito regional, el sistema interamericano, por medio de la Convención Americana sobre Derechos Humanos, permite el estudio de casos de presuntas violaciones a derechos humanos que se han cometido por un Estado. Al respecto, los órganos internacionales responsables de la observación de los tratados internacionales en la región son la Comisión y la Corte Interamericana de Derechos Humanos. México forma parte de esta visión expansiva de los derechos humanos y ha modificado la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, estableciendo la obligación para todas las autoridades de observar, respetar y proteger los derechos humanos establecidos en la ley fundamental y en los tratados internacionales de la materia.

Palabras clave: Derechos humanos, tratados internacionales, universal.

RECIBIDO: 23/02/2024; ACEPTADO: 08/08/2024;

PUBLICADO: 14/05/2025

Contexto general y contemporáneo de los derechos humanos

Los **derechos humanos**, como actualmente se conocen, son producto de una evolución conceptual relativamente reciente en la época contemporánea. **Ubicar con precisión el nacimiento de su actual definición tiene algunas complicaciones por la propia naturaleza del fenómeno**, pero debemos apuntar algunas notas sobre su desarrollo con la intención de clarificar esta idea central.

Se conoce que los derechos humanos tienen un **antecedente histórico** a partir del **surgimiento de las sociedades reconocidas como políticas**, ya que en estas se empezó a establecer la organización del Estado a la par que también la **búsqueda del respeto de los derechos de los ciudadanos**, con la intención de protegerlos en aspectos esenciales como la vida, libertad y dignidad.

En su momento, el jurista Sergio García Ramírez señaló: «en general todos los derechos son derechos para los humanos y, por tanto, son derechos humanos». Este sentido es relevante, aun cuando parecería obvio, debido a que **se relaciona con los diferentes momentos del nacimiento y la**

evolución de derechos que han emergido con los fenómenos políticos que acompañan las transformaciones de las diversas sociedades, donde cobran especial relevancia, en amplio sentido, las **cuestiones culturales** (idioma, tradiciones, costumbres, idiosincrasia, en fin). En ese contexto, pero ya dentro de la época contemporánea, **la evolución de las sociedades ha creado acuerdos, instrumentos, tratados e instituciones internacionales** con la visión de respetar los derechos humanos, generando un andamiaje normativo universal.

Al respecto, debemos considerar que **el parateguas** de las transformaciones mundiales en los temas de ayuda internacional, especialmente en la observación de los derechos humanos, fue ese evento devastador de **la Segunda Guerra Mundial**, el cual generó que las naciones empezaran a reflexionar sobre la problemática mundial a fin de buscar la paz y la cooperación internacional. **Así surgió**, el 26 de junio de 1945, **la Organización de Naciones Unidas**, en San Francisco, California, que con apenas 51 naciones en su origen hoy se sigue considerando la precursora de las políticas internacionales en derechos humanos.



https://www.freepik.com/free-photo/side-view-women-protesting-outdoors_39425458.htm#fromView=search&page=1&position=45&uuiid=61dc4e71-2563-491a-9099-e01555145e42



https://www.freepik.com/free-vector/stop-racism-illustration-concept_8944994.htm#fromView=search&page=1&position=28&uuid=75b883f7-5038-48f3-88f6-5b63b308aa08

Actualmente, **esta organización aglutina a 193 Estados**, la cual cuenta con diversos órganos institucionales de dirección y de ejecución de sus políticas públicas mundiales enfocados en variados temas —políticos, económicos, sociales, en fin—, entre ellos la observación de los derechos humanos. En este contexto, podemos decir que, con la **Declaración Universal de los Derechos Humanos**, realizada el 10 de diciembre de 1948 en París, Francia, se advierte un referente moral, por llamarlo así, de **reconocimiento de derechos humanos** de la Organización de Naciones Unidas.

En este sentido, debemos mencionar que la universalidad **dio la pauta para que en cada una de las regiones se empezaran a establecer sistemas de protección** de derechos humanos, entre los cuales encontramos: el sistema europeo, el sistema africano y el sistema interamericano, los cuales buscan su **observación, reconocimiento y defensa**

en cada una de las zonas geográficas del mundo.

México es parte del sistema interamericano de protección de derechos humanos, debido a que **suscribió la carta de creación de la Organización de Estados Americanos de 1948**, elaborada el 30 de abril de 1948 en Bogotá, Colombia, y que es la **base de los compromisos para realizar y formalizar la Convención Americana sobre Derechos Humanos**, acuerdo conocido como Pacto de San José de Costa Rica de 1969, tratado internacional al que México se adhirió en 1981 y que se le reconoció su competencia contenciosa en 1998.

Como se puede apreciar, a partir de esta aproximación general, relacionada con estos acuerdos y compromisos internacionales, existe un cambio de paradigma sobre la visión expansiva de los derechos humanos que se está realizando a partir de los tratados internacionales y regionales que impactan en el territorio de los Estados.

Perspectiva y defensa de los derechos humanos en México

Entre algunos **avances de la democracia mexicana**, podemos observar el **reconocimiento normativo de los derechos humanos**, como se aprecia en las reformas a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en la materia del 10 de junio de 2011. En este sentido, se debe prestar atención en cómo **el Estado está fortaleciendo el tema**, especialmente con los tratados internacionales firmados y ratificados por los poderes constitucionales, lo cual ha generado diversos criterios, particularmente de los órganos jurisdiccionales, con la finalidad de avanzar en la protección de los derechos humanos. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos institucionales y normativos, **aún se siguen observando violaciones a derechos humanos**, razón por lo cual se hace necesario insistir en la cultura democrática de su observación.

En este sentido, es importante ampliar la **reflexión hacia el interior del Estado** nacional, a partir del andamiaje legal, **para establecer la importancia del avance relativamente reciente**, así como el reconocimiento de los derechos humanos en la Constitución y, bajo esta visión progresiva, **seguir caminando para fortalecer la actual democracia**. En este contexto, también es crucial reconocer el modelo y la definición de país que tenemos en armonía con la forma de gobierno para comprender por qué se está avanzando en la defensa de los derechos humanos.

Con la finalidad de clarificar este aspecto, debemos decir que la nación mexicana, de conformidad con su norma fundamental, es un Estado que contempla una «República, representativa, democrática, laica y federal, compuesta por estados libres y soberanos en todo lo concerniente a su régimen interior». En este sentido, también se reconoce la clásica división de poderes que, hasta hoy, sigue siendo una forma de generar equilibrios al ejercicio del poder; pero, debemos profundizar más allá al analizar el reconocimiento de una novedosa cosmovisión institucional que se ha generado con la **creación de diversos órganos constitucionales autónomos**, los cuales atienden áreas específicas por su especialización, entre los que, por la vinculación del tema, **podríamos destacar las Comisio-**

nes de Derechos Humanos con competencia para conocer asuntos de sus probables violaciones en el ámbito nacional y estatal.

Así, se establece que la defensa y la protección administrativa de los derechos humanos se realiza por conducto de dichas comisiones; mientras que **el mecanismo jurisdiccional de su defensa está a cargo de los diversos tribunales**, especialmente del **Poder Judicial de la Federación**. Estas instituciones, estructuras y formas de protección nos permiten reconocer la importancia del estado constitucional de derecho que, entre otras premisas, establece en el tema que se estudia: que **todas las autoridades tienen la obligación de observar, respetar y reparar los derechos humanos** reconocidos en la Constitución y en los tratados internacionales de los cuales forme parte el Estado mexicano.

Así, encontramos que el **mecanismo de defensa jurisdiccional de derechos humanos** en la nación, de acuerdo con la legislación específica — Ley de Amparo—, se realiza mediante el históricamente conocido **juicio de amparo**, institución que en el ámbito interno representa la herramienta con



que cuentan los habitantes para hacer valer su respeto.

La visión internacional de los derechos humanos en América

De forma general, hemos plasmado la armonía que existe en la nueva cosmovisión de la observación de los derechos humanos en el ámbito universal, regional y nacional, donde podríamos sumar **la globalización** como fenómeno que, en su parte propositiva, **ha apoyado el fortalecimiento de los derechos humanos**. Es necesario apuntar que, al igual que varias transformaciones en el mundo, el tema de cambio en derechos humanos fue la Segunda Guerra Mundial, la cual provocó una reflexión internacional para fortalecer su respeto, expandiéndolos normativamente en el ámbito mundial por medio de los acuerdos y tratados internacionales para hacerle frente a los abusos del poder al interior de las naciones.

En armonía con lo anterior, **el avance de México se ha demostrado con las reformas a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** y con los diversos tratados internacionales firmados sobre derechos humanos con la finalidad de ampliar su observación en el territorio nacional.

A pesar de lo anterior, tanto en México como en los demás países, siguen existiendo violaciones a derechos humanos, lo que hace evidente las dificultades para su defensa. Por estas causas, **cobra especial importancia seguir fortaleciendo la nueva visión contemporánea universal de observación de los derechos humanos** bajo una transformación mundial que abre la posibilidad de acudir a defenderlos ante instancias internacionales. Este camino de defensa universal, es el gran cambio de paradigma de su defensa en la época contem-

poránea, debido a que **las personas cuentan con órganos internacionales fuera de las fronteras de sus Estados para reparar violaciones a derechos humanos**.

Debemos precisar que este camino internacional podría decirse que es excepcional, es decir, es posterior a la defensa y agotamiento de los recursos jurídicos internos, porque así lo dispone especialmente la Convención Americana sobre los Derechos Humanos, tratado emblemático de América que señala dos órganos para su observación: La Comisión y la Corte Interamericana de Derechos Humanos.

En este contexto, **existe la posibilidad de presentar peticiones o denuncias individuales o colectivas** por presuntas violaciones a derechos humanos frente a cualquier Estado en el ámbito regional (América) **ante la Comisión Interamericana**, la cual, con sus procedimientos, verifica las posibles violaciones y, en su caso, por conducto de una resolución de fondo decide si lo hace del conocimiento de la Corte Interamericana de Derechos Humanos para que este órgano jurisdiccional, que es el último intérprete de la Convención Americana sobre Derechos Humanos, por sentencia, determine la responsabilidad o no del Estado.

Sobre las ideas anteriores, podemos identificar el avance en la época contemporánea de la observación y protección de los derechos humanos en el ámbito internacional, lo cual permite a las personas traspasar la frontera de los Estados, por decirlo de cierta forma, para presentar, previos requisitos de procedencia, peticiones o denuncias por violaciones de derechos humanos frente a los Estados con la finalidad de repararlos mediante una resolución internacional.



Carranza V. (1917). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (s.f.). Sentencias. https://corteidh.or.cr/casos_sentencias.cfm

Fix-Zamudio H. y Valencia-Carmona S. (2009). *Derecho Constitucional Mexicano Comparado*. México: Porrúa. https://escuela.poderjudicial-gto.gob.mx/documentos/libros/derecho_constitucional_mexicano_y_comparado/indice.pdf

TECNOLOGÍA

La gestión sostenible de los residuos de aerogeneradores

Alejandro Espinoza-Pérez y Liliana Márquez-Benavides



https://www.freepik.com/free-photo/turbine-metal-electricity-digital-blue_1074596.htm#fromView=search&page=1&position=5&uuid=6caee01d-6cda-41fa-8185-b18e6c179788

Alejandro Espinoza-Pérez. Estudiante (DODESU), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
1831992k@umich.mx

Liliana Márquez-Benavides. Profesora e investigadora, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
liliana.marquez@umich.mx

Resumen

Generalmente, se ha asociado la producción de electricidad por medio de fuentes eólicas, como un sistema de producción limpia y verde. Sin embargo, este calificativo puede no ser del todo correcto, ya que, a pesar de que durante el proceso de generación la contaminación producida es relativamente baja, ocurre algo muy diferente durante el fin de vida y disposición de residuos del proyecto. Algunos residuos producidos no han sido tratados correctamente en México por falta de la tecnología adecuada o por ausencia de legislaciones que permitan la apropiada gestión de los residuos de los aerogeneradores, convirtiéndose en un problema ambiental a largo plazo.

Palabras clave: Aerogeneradores, gestión de residuos, México.

RECIBIDO: 30/11/2023; ACEPTADO: 26/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025

La generación de energía eólica a través de aerogeneradores se ha convertido en una importante fuente de energía renovable en todo el mundo. Sin embargo, como con cualquier tecnología, la producción y el desmantelamiento de aerogeneradores generan residuos que deben abordarse de manera adecuada y sostenible. Los aerogeneradores, también conocidos como turbinas de viento, son una forma popular y efectiva de generar energía eléctrica por fuentes de energía renovable. Estas impresionantes estructuras convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica, lo que las convierte en una fuente de energía renovable y sostenible. No obstante, los aerogeneradores, o cualquier tecnología *verde*, generan residuos que deben gestionarse de manera adecuada.

Desafíos de los residuos de los aerogeneradores

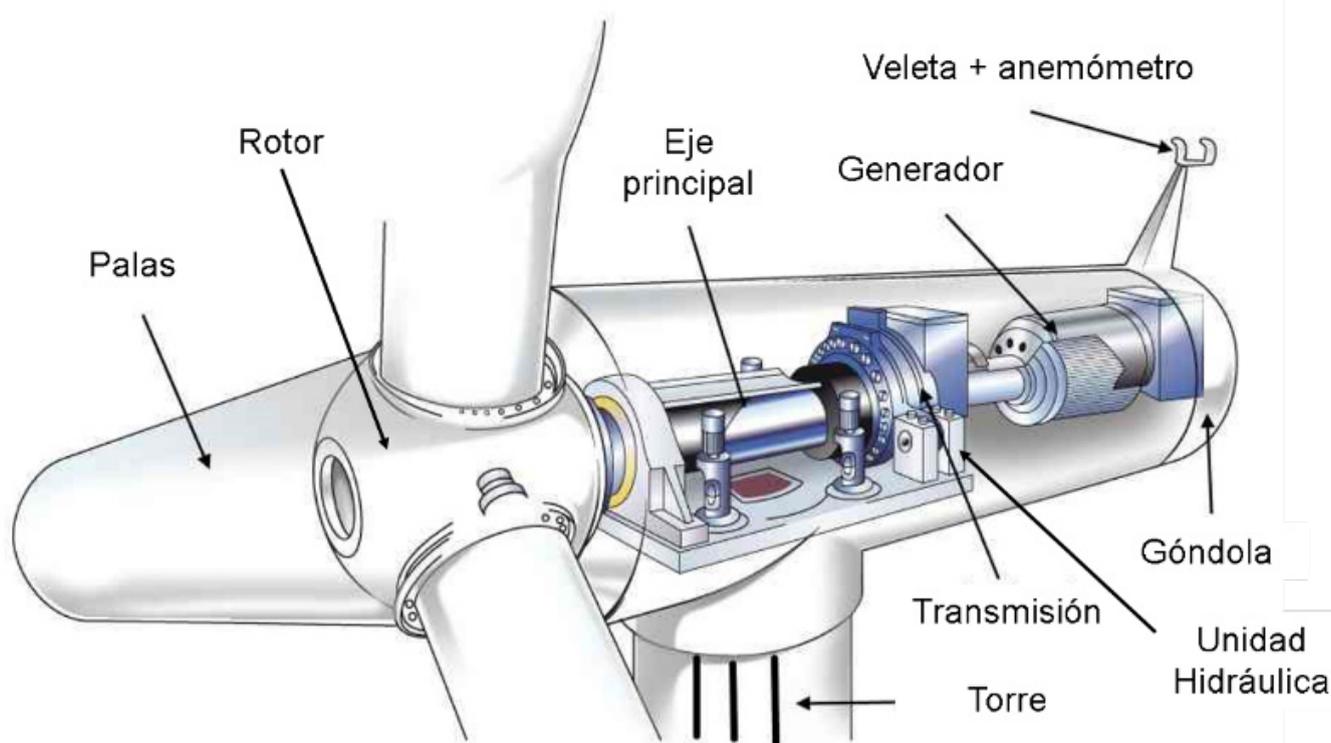
Uno de los principales residuos asociados con la industria eólica es el propio equipo cuando alcanza el final de su vida útil. Aunque los aerogeneradores están diseñados para ser duraderos y funcionar eficientemente durante varias décadas, llega un momento en el que deben ser reemplazados. Los componentes principales a reemplazarse incluyen

las palas, el generador y el rotor, ya que pueden volverse obsoletos o ineficientes con el tiempo. Otra razón por la que pueden necesitar reemplazo es porque se siniestran, es decir, a veces las altas velocidades del viento causan graves daños en las maquinarias.

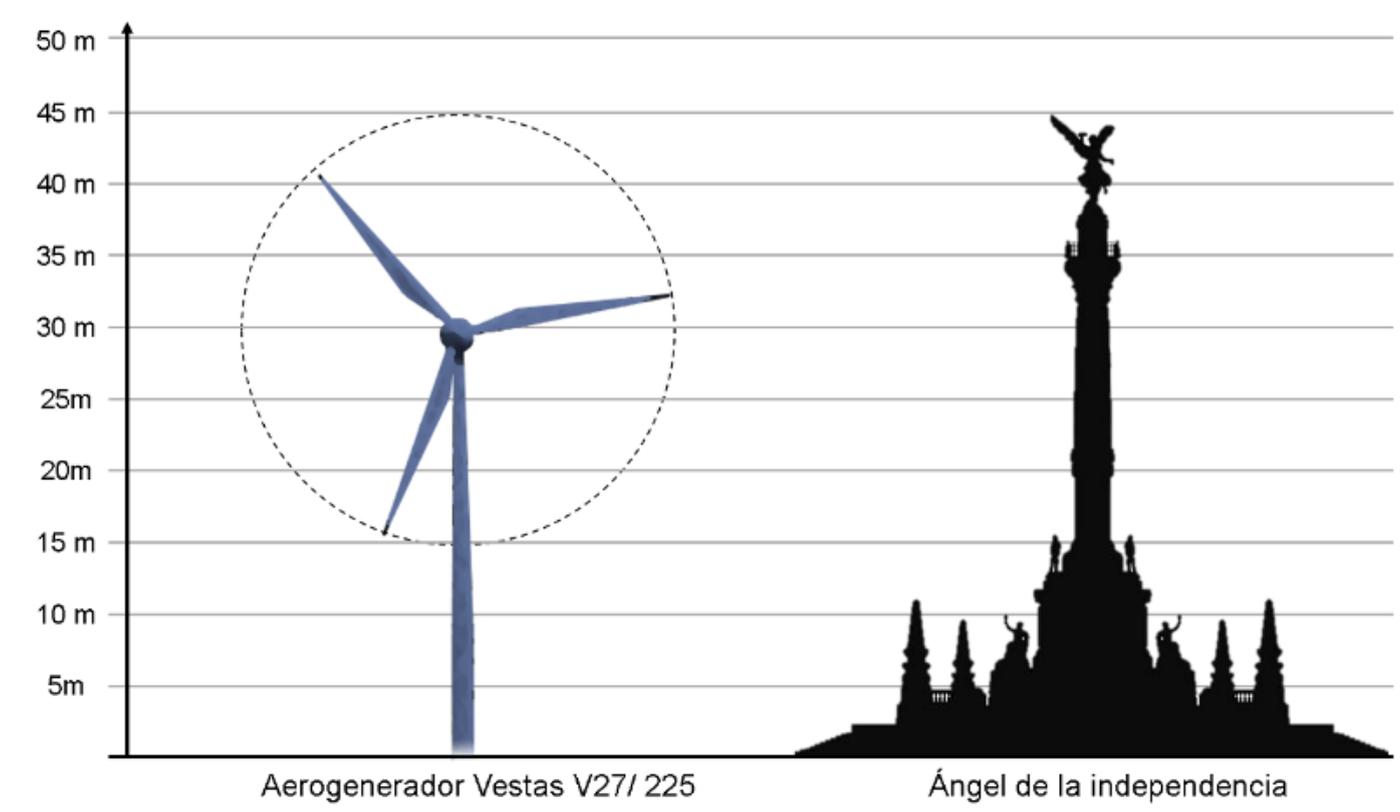
En ambos casos, se plantea la cuestión de cómo manejar de forma adecuada y sostenible la disposición de estos residuos. Otra fuente de residuos se genera durante todo el período de vida útil, como puede ser, los recambios de aceite a las grandes maquinarias de los aerogeneradores.

Las palas y la góndola de los aerogeneradores son uno de los componentes más problemáticos en términos de residuos. Estos elementos, a menudo hechos de materiales compuestos difíciles de reciclar (como la fibra de vidrio y resina de poliéster), grandes y voluminosos, pueden ir desde los 13 m de longitud y los 600 kg para cada pala y 300 kg para la góndola, en aerogeneradores de tamaño pequeño (Vestas V27/225) para el sector de producción de energía eléctrica en México, lo que dificulta su transporte y manejo.

En general, los fabricantes consideran la vida útil de los aerogeneradores de entre 20-25 años, lo



Principales partes de un aerogenerador. Adaptado de partes del aerogenerador [imagen] por Partesdel.com (<https://www.partesdel.com/aerogenerador.html>).



Aerogenerador Vestas V27/225 (Elaboración propia).

que implica un desecho de componentes en cada periodo de vida que se irán acumulando con el pasar de los años. El primer campo de aerogeneradores en México se instaló en 1994, lo que significa que ya se cumplió el período de vida útil de ese campo en particular. Se estima que durante el periodo de 2026 a 2037 se tendrán que desmantelar un aproximado de 1 255 aerogeneradores de diversas especificaciones en México.

Esto ha generado preocupación sobre la acumulación de palas y carcasas de góndolas de aerogeneradores en vertederos que no están diseñados para recibir este tipo de residuos y la necesidad de encontrar alternativas más sostenibles, debido a que los materiales de su composición, como la fibra de vidrio y la resina de poliéster, no son fácilmente reciclables, lo que complica aún más el proceso de tratamiento.

Avances en la gestión sostenible de los residuos

Afortunadamente, se han logrado avances significativos en la gestión sostenible de los residuos de los aerogeneradores en España y países de la Unión Europea. Una de las soluciones prometedoras es el desarrollo de técnicas de reciclaje de palas y carcasas de góndolas. Mediante procesos

de trituración y molienda, la fibra de vidrio puede descomponerse en partículas más pequeñas y reutilizarse en diversas aplicaciones, como la fabricación de cemento o su utilización en la construcción de carreteras.

Por otro lado, se están explorando otros enfoques que incluyen el tratamiento mediante procesos químicos y térmicos para descomponer los materiales compuestos y recuperar los componentes valiosos. Otro aspecto clave de la gestión sostenible de los residuos de los aerogeneradores es el desmantelamiento y reciclaje de materiales como el cobre, fundición de hierro y acero, así como la reutilización de elementos completos, como las torres de acero para proyectos de repotenciación.

Estos esfuerzos contribuyen a reducir aún más el impacto ambiental de la industria eólica y promueven la economía circular al hacer uso de los materiales por un mayor periodo de tiempo o reintroducirlos en nuevos proyectos.

El papel crucial de la legislación y los estándares

Para garantizar una gestión adecuada de los residuos de los aerogeneradores, es fundamental contar con legislación y estándares apropiados. Muchos países de la Unión Europea ya han imple-

mentado regulaciones que obligan a los fabricantes y a los desarrolladores de parques eólicos a que tengan planes de desmantelamiento y disposición final de los aerogeneradores al final de su vida útil. Estos planes deben abordar una correcta gestión de residuos y fomentar la adopción de prácticas sostenibles, como el reciclaje, la reutilización de componentes y la reducción de los costos de viaje. Sin embargo, la ley en México solo contempla la disposición de estos residuos como residuos de manejo especial y terminan en vertederos.

Aerogeneradores en México: Estado actual de su gestión sostenible

En México, la energía eólica ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, con parques eólicos ubicados en diversas regiones del país, principalmente, en el Istmo de Tehuantepec. Sin embargo, a medida que la capacidad eólica aumenta, los residuos generados también, por tal motivo, es necesario abordar adecuadamente la

gestión de estos residuos provenientes de los parques eólicos.

El país ha comenzado a enfrentar los desafíos asociados con la gestión de residuos eólicos. Se han establecido regulaciones y lineamientos para abordar la disposición final de los componentes de los aerogeneradores al final de su ciclo de vida, los cuales incluyen la obligación de contar con planes de desmantelamiento y la implementación de prácticas sostenibles de gestión de residuos.

Uno de los avances más notables en la gestión sostenible de los residuos de aerogeneradores en México es el establecimiento de plantas de reciclaje específicas para estos componentes. Algunas empresas han comenzado a colaborar con estas plantas para implementar procesos de reciclaje eficientes y seguros, permitiendo así la reutilización de los materiales y la reducción del impacto ambiental.

Además, se han llevado a cabo esfuerzos para promover la investigación y el desarrollo de tecno-



Residuos de aerogeneradores. Tomado de: Las palas de las turbinas eólicas no se pueden reciclar y se están acumulando en los vertederos [fotografía], por Benjamin Rasmussen, 2021, AlforjaStark. (<https://www.alforjastark.com/las-palas-de-las-turbinas-eolicas-no-se-pueden-reciclar-por-lo-que-se-estan-acumulando-en-los-vertederos/>)

logías de reciclaje más avanzadas en el país. Esto incluye el impulso de proyectos de investigación y la colaboración con instituciones académicas y centros de investigación para encontrar soluciones innovadoras que mejoren la gestión sostenible de los residuos de los campos de aerogeneradores.

A pesar de estos avances, aún existen aspectos que requieren un refuerzo significativo en la gestión sostenible de los residuos de los aerogeneradores en México. Uno de los desafíos importantes es la poca infraestructura y capacidades técnicas para el reciclaje y desmantelamiento adecuados de los componentes de los aerogeneradores. Es necesario invertir en la construcción y mejora de plantas de reciclaje, así como en la capacitación de personal especializado.

Asimismo, es fundamental fortalecer la concientización y la educación en todos los niveles, tanto entre los actores de la industria eólica como en la sociedad en general. Es necesario promover la importancia de la gestión sostenible de los residuos de los aerogeneradores y fomentar la adopción de prácticas responsables en toda la cadena de valor. Con un enfoque continuo en la innovación y la co-

laboración, México puede seguir avanzando hacia un futuro energético más sostenible y responsable.

¿Cómo gestionar los residuos de los aerogeneradores?

La gestión sostenible de los residuos de los aerogeneradores es un desafío importante que debe abordarse de manera adecuada y responsable. Aunque se han logrado avances significativos en países como España y en la Unión Europea, México aún enfrenta desafíos en este aspecto; sin embargo, en nuestro país, se ha comenzado a tomar medidas para abordar la gestión de estos residuos, estableciendo regulaciones, fomentando la colaboración con plantas de reciclaje y promoviendo la investigación en tecnologías más avanzadas.

Para lograr una gestión sostenible efectiva, es necesario seguir invirtiendo en infraestructura y capacidades técnicas, así como promover la conciencia y la educación en todos los niveles. Con un enfoque continuo en la mejora y la colaboración, México puede avanzar hacia un futuro energético más sostenible y responsable, garantizando así la protección del medioambiente y la promoción de la economía circular.



Azamar-Alonso A. y García-Beltrán Y.M. (2021). Diagnóstico y riesgos de la energía eólica en México. *Revista De Geografía Agrícola*, (67), 27-45. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2021.67.02>

Espinoza-Pérez A. (2021). *Impacto ambiental derivado del campo de aerogeneradores La Venta I, Oaxaca* [Tesis de Maestría]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/4663

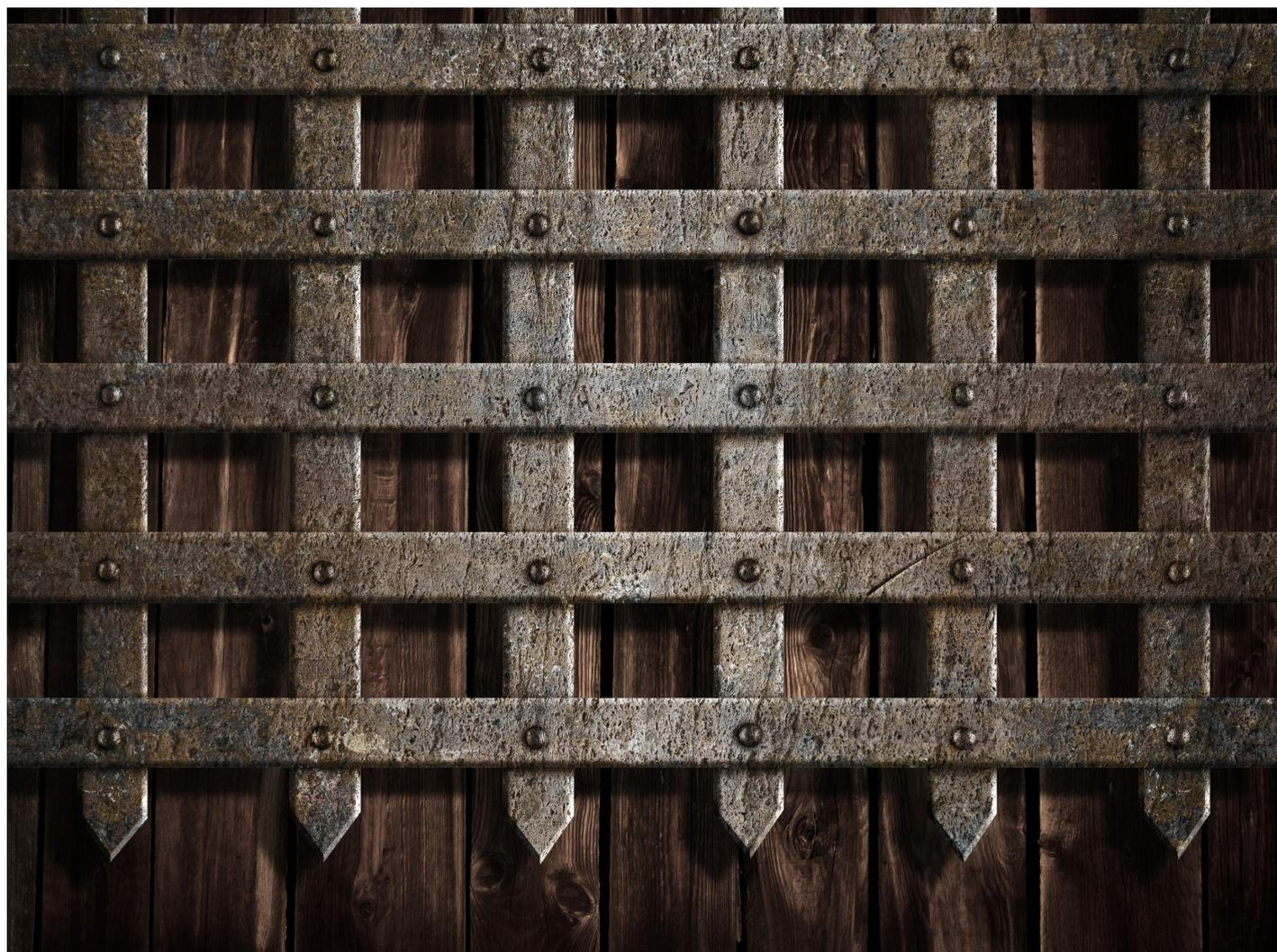
Jiménez D., Valdés K., González R. y Montero-Prado P. (2022). Planificación para la reutilización y reciclaje de las palas de aerogeneradores de fibra de vidrio y carbono. *I+D Tecnológico*, 18(2), 89-99. <https://doi.org/10.33412/idt.v18.2.3695>

Zepeda-Cancino R.M. y Vázquez-García V. (2021). Potencial social y ambiental de la industria eólica para una transición energética en América Latina. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (30), 66-85. <https://doi.org/10.17141/letras-verdes.30.2021.4598>

UNA PROBADA DE CIENCIA

La edad media

Horacio Cano Camacho



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

A mí —y seguramente a la mayoría de ustedes— me enseñaron que hubo un período de la humanidad oscuro, terrorífico, sucio y lleno de mortandad e injusticias: la llamada Edad Media. De hecho, los mitos e infundios sobre esta época tienen una difusión casi universal; el cine, la literatura, la televisión y hasta los videojuegos han utilizado este periodo del desarrollo humano como ejemplo de todo lo malo.

Por ejemplo, usamos el término «gótico» como sinónimo de oscuridad y terror: literatura gótica, terror gótico e incluso una tribu urbana llama-

da los góticos que se visten de negro. Sin embargo, el arte gótico es un estilo artístico y arquitectónico que se desarrolló en Europa entre los siglos XII y XVI, principalmente en la construcción de iglesias y catedrales. Aunque mucha gente lo asocia con «lo oscuro», esa idea es más un malentendido moderno que una descripción fiel de lo que realmente fue el arte gótico.

La Edad Media no es un periodo tan reconocible como otros, como el Renacimiento, el Barroco o el Romanticismo. Corresponde a un lapso que va desde la caída del Imperio romano de Occidente (476 d. C.) hasta el «descubrimiento» de América por los europeos (1492 d. C.). Comprende, aproximadamente, mil años de historia (siglos V al XV).

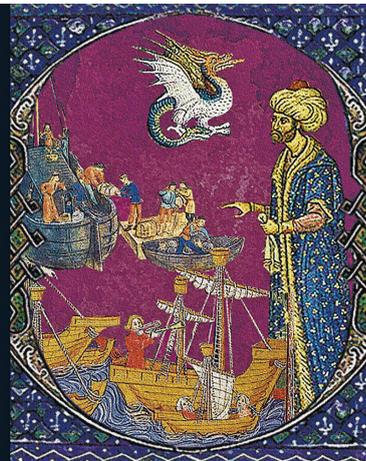
Dicen que la historia la escriben los vencedores, y el caso de la Edad Media es paradigmático. Para empezar, los habitantes de la Edad Media no sabían que vivían en la Edad Media, ni a nadie se le habría ocurrido construir una «iglesia gótica»: esos son términos creados a posteriori. Flavio Biondo (1392-1463), un historiador que escribió *Historiarum ab inclinatione Romanorum imperii*, dividió la historia en tres edades: Antigua, Media y Moderna. De forma un tanto artificial, Leonardo Bruni (1370-1444), otro historiador y humanista florentino, ya había planteado una distinción entre «antiguos» y «modernos», saltándose un periodo de casi mil años. En el Renacimiento existía una fuerte tendencia a rescatar la cultura clásica griega y romana, y se asumía que ese «renacer» se producía tras un periodo de oscuridad. Malinterpretando esa idea, se empezó a considerar que entre la Antigüedad y el Renacimiento había habido una época de sequía cultural. A partir de ahí, esa visión negativa se perpetuó, incluso inventando argumentos para sostenerla.

Los pensadores del Renacimiento (siglos XV-XVI), como Petrarca, veían su tiempo como un renacer de

la cultura clásica y consideraban que los siglos anteriores habían sido una etapa de decadencia, en comparación con la grandeza de la Antigüedad. Esta idea fue reforzada por los movimientos reformistas del siglo XVI, que veían el periodo anterior —dominado por la Iglesia católica— como un tiempo de oscuridad y corrupción.

Desde el siglo XX, sin embargo, los historiadores han demostrado que la Edad Media fue un periodo complejo, diverso y creativo, no una simple etapa oscura. Pensemos, por ejemplo, en la construcción de las grandes catedrales —hoy llamadas góticas—, con todos sus aportes en ingeniería y arquitectura; en la fundación de las primeras universidades; o en la invención de la imprenta, que haría posible el llamado Renacimiento.

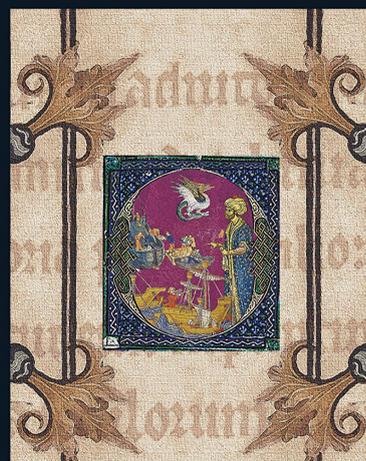
Durante la Edad Media (aproximadamente del siglo V al XV), aunque suele considerársele una época de estancamiento científico en Europa,



La Edad Media

IV. Exploraciones, comercio y utopías

UMBERTO ECO
(coordinador)





en realidad hubo importantes avances, tanto en el mundo islámico como en ciertas regiones europeas. Se consolidó la medicina como ciencia, se fundaron hospitales, se desarrolló la cirugía como disciplina médica, se avanzó en matemáticas, astronomía y óptica; se tradujeron obras clásicas (de Aristóteles, Galeno, Euclides) al árabe, y del árabe al latín en centros como Toledo y Córdoba. Fue la época de grandes pensadores como Roger Bacon y Guillermo de Ockham, quienes comenzaron a desarrollar una metodología de investigación más empírica.

Todo esto viene a cuento por una obra preparada por el Fondo de Cultura Económica y coordinada por Umberto Eco: *La Edad Media* (FCE, México, 2024, 3.ª ed.), compuesta por cuatro tomos, cada uno dedicado a distintos aspectos de esta época:

- **Tomo I:** *Bárbaros, cristianos y musulmanes*
- **Tomo II:** *Catedrales, caballeros y ciudades*
- **Tomo III:** *Castillos, mercaderes y poetas*
- **Tomo IV:** *Exploraciones, comercio y utopías*

Cada tomo, que puede leerse por separado, es una antología de estudios sobre diversos temas. El tomo I, por ejemplo, contiene estudios sobre historia, ciencia y tecnología, filosofía, literatura, arte, etc., todo expuesto de forma accesible y bien documentada. No son mamotretos para especialistas, sino obras pensadas para fomentar una cultura general sólida y afinar nuestra visión sobre una época fundamental de la historia humana, desmontando muchos de los mitos y estereotipos que solemos tener sobre la Edad Media.

Me parece una obra muy interesante, entretenida y fundamental. Creo que, después de leerla, podremos lanzar una gran sonrisa ante muchas de las ideas preconcebidas que circulan por ahí. A fin de cuentas, hasta para insultar se nos dice: «tienes una visión medieval», como si eso fuera necesariamente negativo. O como los renacentistas italianos, que llamaron «gótica» a una arquitectura que consideraban bárbara y salvaje... ¡Ellos, que llamaban «bárbaros» a todos los diferentes!

LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

¿Estequiome qué? La estequiometría como herramienta en la ecología

Maribel Arenas-Navarro y Felipe García-Oliva



Maribel Arenas-Navarro. Investigadora posdoctoral del Laboratorio de Biogeoquímica de Suelos, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México.

aenmbiol@hotmail.com

Felipe García-Oliva. Investigador titular del Laboratorio de Biogeoquímica de Suelos, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México.

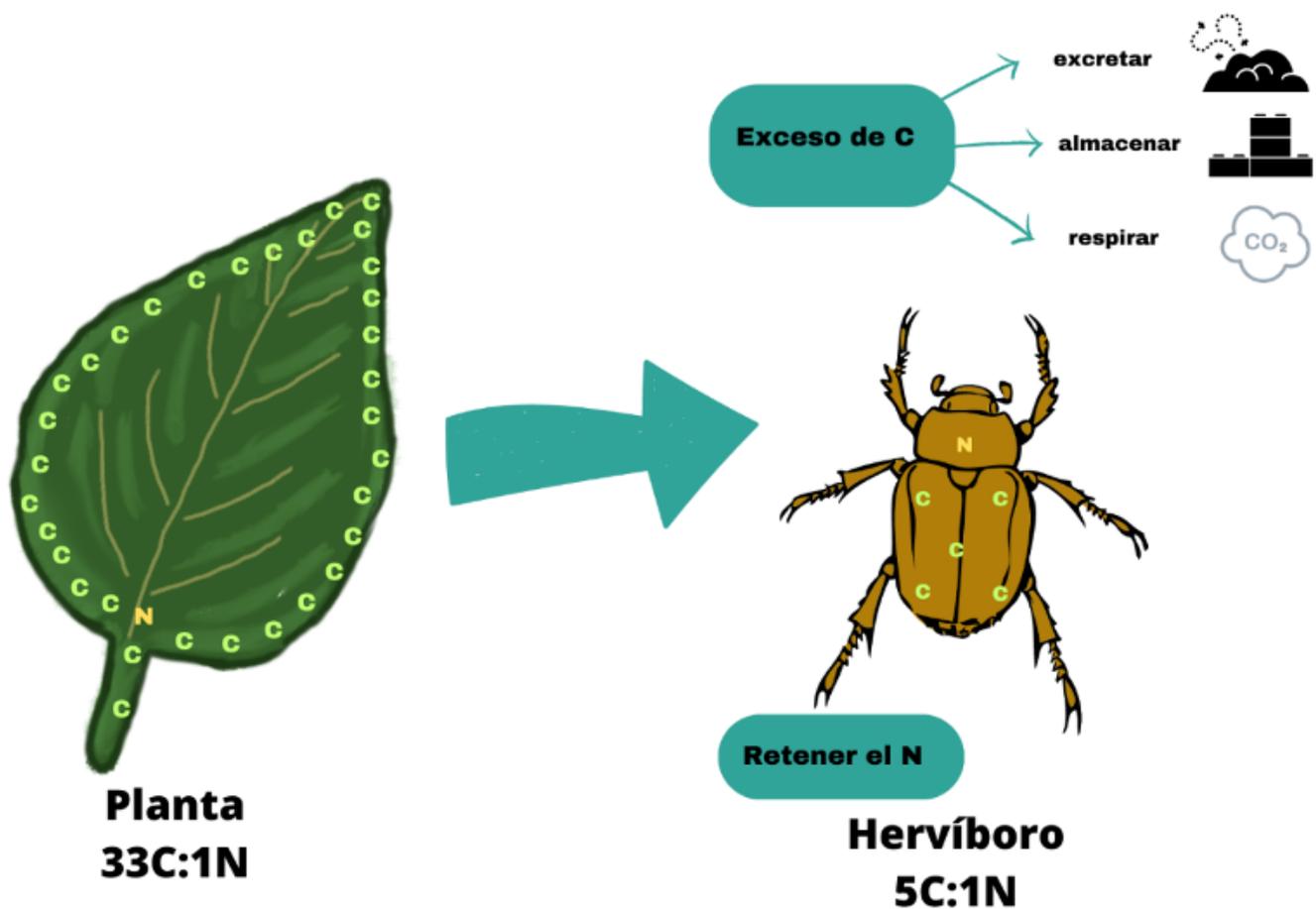
fgarcia@cieco.unam.mx

Resumen

Los organismos estamos compuestos de elementos esenciales para la vida. El carbono, el nitrógeno y el fósforo son algunos de los más importantes, porque conociendo su dinámica podemos estudiar el flujo de la materia y la energía en los ecosistemas. Cada especie tiene una composición elemental, es decir, requieren de estos elementos para llevar a cabo sus funciones. La estequiometría ecológica es el estudio de los efectos del balance de estos cocientes estequiométricos en los seres vivos, por lo que, conocer la estequiometría de una especie nos puede dar información de su función en el ecosistema y cómo cuidarlo.

Palabras clave: Carbono, ecosistemas, elementos, nitrógeno.

RECIBIDO: 23/07/2023; ACEPTADO: 27/02/2024;
PUBLICADO: 14/05/2025



Los insectos y otros herbívoros que se alimentan principalmente de hojas pobres en nitrógeno (alto C:N) probablemente estén bien preparados para consumir estos alimentos mediante el empleo de mecanismos fisiológicos (por ejemplo, excretar, almacenar y respirar).

átomos de C son liberados como CO₂ que regresan a la atmósfera por medio de la respiración de los seres vivos y la descomposición de la materia orgánica en el suelo.

En el suelo, el C se almacena en forma de C orgánico proveniente de la descomposición de la materia orgánica que consiste en la transformación por medio de microorganismos (como bacterias, algas y hongos) a compuestos orgánicos de menor tamaño o como C inorgánico producto de la meteorización de las rocas y de los minerales a través de millones de años.

Pero, ¿qué es la estequiometría ecológica?

Primero, te diremos que la estequiometría es el estudio de los elementos y su medida o proporción se llama estequiometría (del griego στοιχειον = *stoicheion* (elemento) y μετρον = *métron* (medida)). El estudio de los efectos del balance de los elementos y la energía en los organismos, así como sus interacciones en los ecosistemas, se ha denominado estequiometría ecológica. Un concepto central en la estequiometría ecológica es la homeostasis

estequiométrica, que se refiere al grado en que los organismos mantienen una composición elemental constante frente a las variaciones en su entorno, en particular, en la composición elemental y la disponibilidad de su alimento. Por lo que, estudiando la disponibilidad de elementos como el carbono, el nitrógeno y el fósforo, podemos analizar cómo estas medidas restringen y moldean las interacciones ecológicas.

Las proporciones elementales de C:N:P son una característica de las especies que refleja la eficiencia del uso de nutrientes y las limitaciones de nutrientes en su entorno. Las especies difieren en el grado en que regulan su composición elemental. Los organismos fotoautótrofos (cianobacterias, algas, plantas) parecen ser más plásticos (es decir, pueden cambiar) al ajustar su composición elemental de acuerdo con las condiciones de crecimiento. Mientras que, los animales (consumidores) regulan más estrictamente su composición elemental en torno a valores específicos de especies o etapas (por ejemplo, larva, pupa, adulto en un insecto).

Entonces, la homeostasis estequiométrica

impone restricciones en las redes alimenticias debido a limitaciones de la calidad de los alimentos y, a su vez, hay estrategias por parte de los consumidores para seguir utilizando los nutrientes en el ecosistema. Un ejemplo sencillo es un insecto herbívoro alimentándose de una planta. En nuestro ejemplo, el insecto está compuesto de 5 átomos de carbono por cada átomo de nitrógeno (5C:1N) y la planta tiene 33 átomos de carbono por cada átomo de nitrógeno (33C:1N). El insecto crece convirtiendo la planta (C:N = 33) en su propia biomasa (C:N = 5), pero, dado que los animales mantienen proporciones relativamente constantes del carbono en su biomasa, el carbono en la planta es superior en relación con el nitrógeno. Entonces, el insecto tiene que procesar el exceso de C para obtener el N que necesita a través de varios mecanismos fisiológicos diseñados con una baja eficiencia de conversión para C y una alta eficiencia de conversión para N para ayudar a

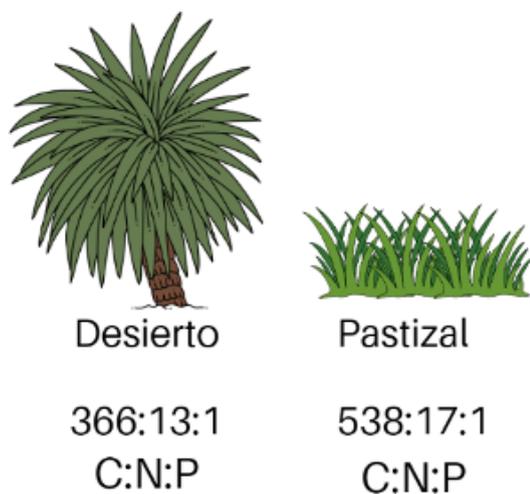
compensar el desequilibrio estequiométrico.

Por ejemplo, cuando consumen un exceso de carbohidratos, los herbívoros pueden disminuir la eficiencia con la que asimilan compuestos ricos en C durante la digestión al alterar la producción de enzimas digestivas y excretar el exceso de C, almacenar el exceso de C como lípidos o aumentar la tasa metabólica y respirar el exceso de carbono en forma de CO₂. Sin embargo, existe un costo para estos mecanismos fisiológicos, lo que generalmente da como resultado una disminución del crecimiento, de la reproducción y de la supervivencia del consumidor.

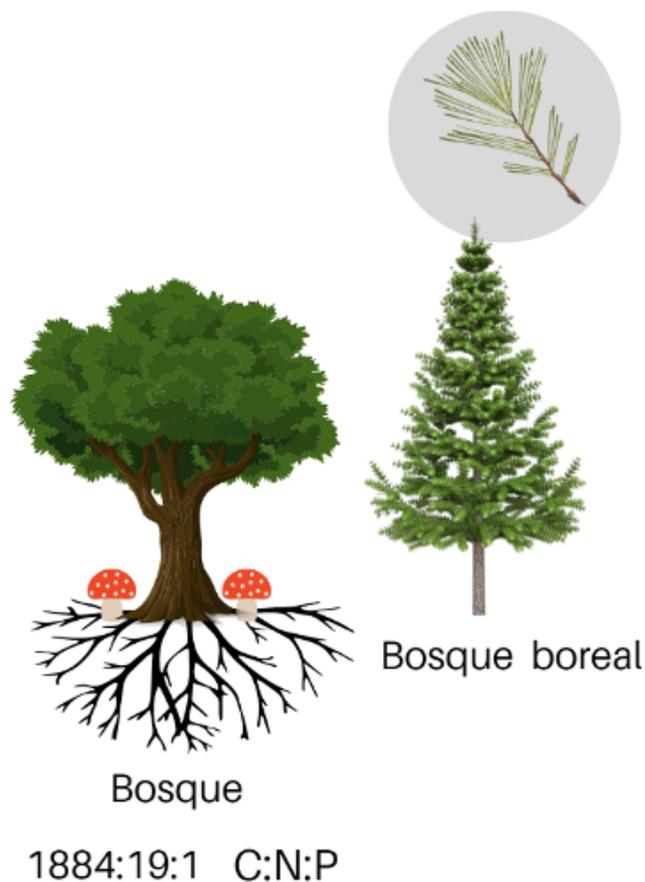
La estequiometría en los ecosistemas

Las relaciones estequiométricas también pueden indicarnos las tasas relativas a las que se reciclan o almacenan el N y el P en los ecosistemas. De forma general, las plantas poseen dos estrategias para enfrentar la escasez de nutrientes: 1)

Estrategia de almacenamiento



Estrategia de reducción de la demanda



Proporciones de C:N:P en diferentes ecosistemas como el desierto, el pastizal y el bosque. Los pastizales y los desiertos, generalmente, adoptan estrategias de almacenamiento de nutrientes (valores más bajos de C:N:P) para adaptarse a la escasez de recursos como el agua, mientras que los bosques reducen la demanda de nutrientes al tener ayuda de bacterias fijadoras de N y hongos ectomicorrízicos. Datos obtenidos de Zhang et al. (2021).

Almacenando tantos nutrientes como sea posible en las plantas (estrategia de almacenamiento) y 2) Reduciendo su dependencia de los nutrientes por medio de estructuras con adaptaciones especiales (estrategia de reducción de la demanda). Estudios recientes han demostrado que las proporciones C:N:P entre los diferentes tipos de ecosistemas reflejaron las respuestas de las plantas y las adaptaciones a los entornos ambientales.

Los pastizales y los desiertos, generalmente, adoptan estrategias de almacenamiento de nutrientes (reflejado en proporciones bajas de C:N, C:P y N:P) para adaptarse a hábitats áridos y con escasez de ciertos recursos como el agua, mientras que los bosques reducen la demanda de nutrientes al tener ayuda de bacterias fijadoras de N (bacterias que viven en las raíces de algunas plantas que metabolizan el N de la atmósfera para dárselo a la planta) y hongos (los hongos ectomicorrízicos viven en simbiosis, que es una ayuda mutua entre las raíces de las plantas y el hongo, simbiosis en la que el hongo obtiene azúcares y la planta obtiene nutrientes). Asimismo, se ha demostrado que en los bosques boreales hay una reducción de la demanda de nutrientes, lo cual se refleja en las especies de hojas de aguja que dominan en los bosques borea-

les y que se adaptan a las condiciones frías a través de hojas puntiagudas y afiladas. Tal morfología de la hoja conduce a una menor fotosíntesis y, a su vez, a una menor demanda de N.

En conclusión, la variación en las proporciones C:N:P en los seres vivos refleja las asignaciones a las principales biomoléculas (por ejemplo, ADN, celulosa, etc.) y las estructuras que están estrechamente asociadas con características clave como la tasa de crecimiento, el tamaño y su función en los ecosistemas. Asimismo, el marco de la estequiometría ecológica nos permite considerar a los organismos estudiados como componentes de los ciclos biogeoquímicos y comprender cómo funcionan desde los tejidos, órganos, individuos y ecosistemas.

La estequiometría ecológica considera las demandas nutricionales de los organismos, el suministro de nutrientes en sus entornos y cómo afecta el crecimiento de los organismos, sus interacciones con el clima y otros seres vivos, así como el ciclo de nutrientes a lo largo de todo el ecosistema. Ahora, ya sabes que, desde los organismos más chiquitos hasta los ecosistemas, en gran parte estamos compuestos de los mismos elementos y estamos interconectados.



Álvarez-Moreno M.G., Castellanos A.E., LLano-Sotelo J., Romo-León J.R., Calderón-Alvarado K. del C. y Esqueda M. (2021). Eficiencia de reabsorción de nitrógeno y fósforo y sus relaciones estequiométricas durante la senescencia en especies del desierto Sonorense. *Botanical Sciences*, 99(3), 499-513. <https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/2732/4330>

Cease A.J. y Elser J.J. (2013). *Biological Stoichiometry*.

Nature Education Knowledge, 4(5), 3. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/biological-stoichiometry-102248897/>

Zhang J., Li M., Xu L., Zhu J., Dai G. y He N. (2021). C:N:P stoichiometry in terrestrial ecosystems in China. *Science of The Total Environment*, 795, 148849. https://www.researchgate.net/publication/352961466_CNP_stoichiometry_in_terrestrial_ecosystems_in_China

LA CIENCIA EN EL CINE

El Eternauta

Horacio Cano Camacho



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

Vivimos tiempos apocalípticos: el genocidio en Gaza, las amenazas de destruir todo el sistema financiero mundial, el rearme europeo y, en general, la belicosidad de tirios y troyanos, el cambio climático global y, desde luego, una pandemia que evidenció todas nuestras vulnerabilidades. Todo esto nos indica que el mundo está peligrosamente cerca de una catástrofe. Tal vez por ello, las series y las películas postapocalípticas tienen tanto público; de alguna manera, estamos expiando nuestros temores.

Es en este contexto que aparece una nueva serie sobre el tema, pero no cualquier serie: una basada en una novela gráfica escrita en 1957, cuando la amenaza real era la guerra nuclear. ¿Quién iba a

pensar que, 68 años después, esta amenaza volvería a ser tangible? Se trata de *El Eternauta*, una serie basada en la historieta del mismo nombre, escrita por Héctor Germán Oesterheld y dibujada por Francisco Solano López.

La historia se publicó de manera seriada desde 1957 hasta 1959 en la revista argentina de historietas *Hora Cero Semanal*, una de las más importantes de la época. Con el tiempo, se consolidó como una de las obras más emblemáticas del cómic argentino y latinoamericano, destacada tanto por su narrativa de ciencia ficción como por su contenido político y social.

La serie de Netflix, *El Eternauta*, estrenada el 30 de abril de 2025, ha sido aclamada por su fidelidad al espíritu original y por su enfoque actualizado. Fue dirigida por Bruno Stagnaro, quien también participó como guionista principal junto a Ariel Staltari y otros colaboradores; asimismo, la producción contó con la supervisión de Martín Oesterheld, nieto del autor, quien se aseguró de que la serie mantuviera la esencia de la obra original. Esto último es muy importante por motivos que discutiremos más adelante.

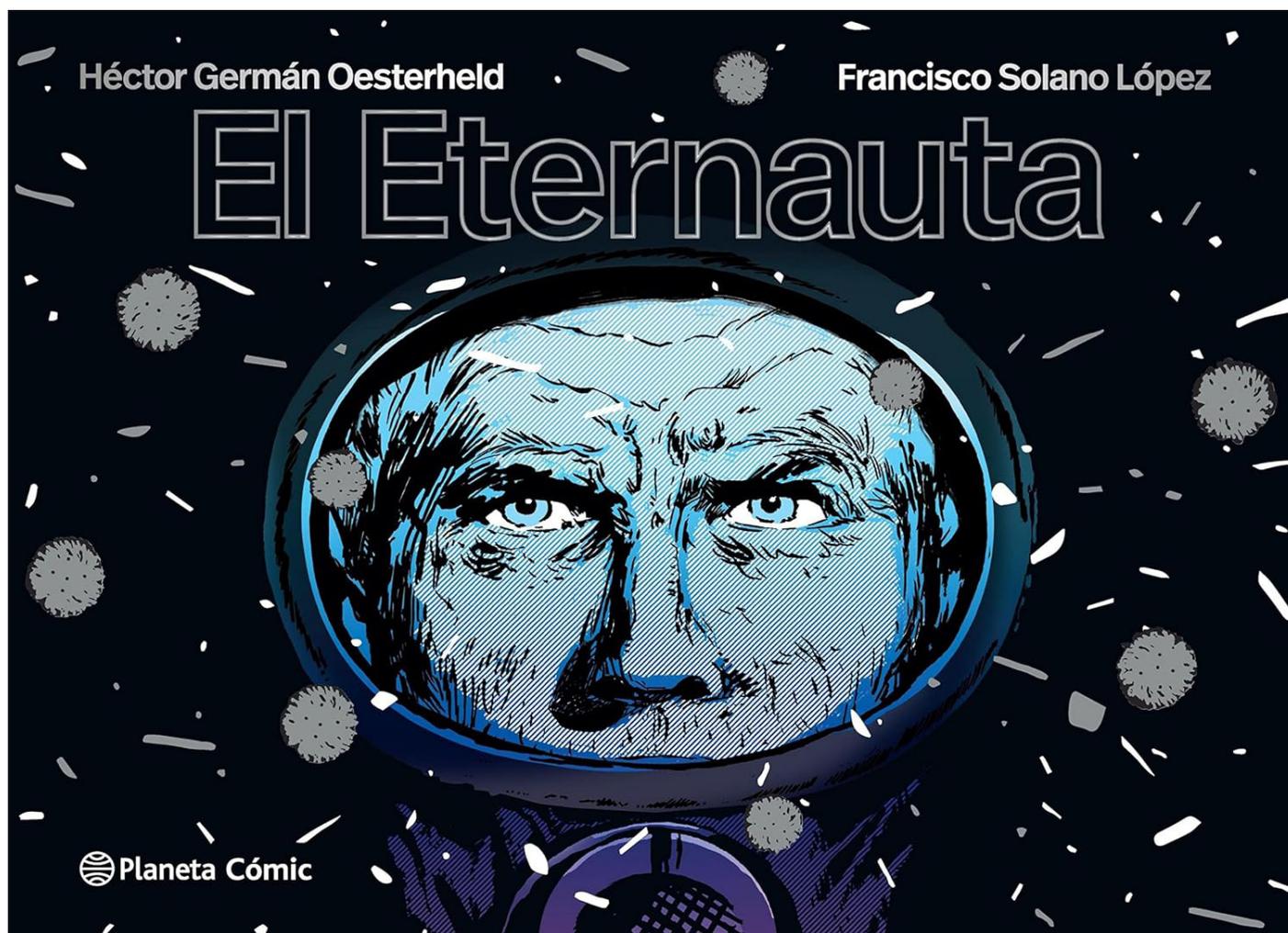
La historia sigue a Juan Salvo (interpretado por Ricardo Darín en su versión mayor y por Lautaro Delgado en su juventud) y a sus grandes amigos Lucas, Tano y El Ruso. La serie alterna entre dos líneas temporales:

- El presente (o futuro cercano): un Juan Salvo envejecido aparece misteriosamente en una Buenos Aires, aparentemente normal, buscando desesperadamente a su familia y advirtiendo sobre una amenaza inminente.
- El pasado (invasión alienígena): se muestra cómo Salvo y un grupo de supervivientes lucharon contra una invasión extraterrestre que comenzó con una misteriosa nevada mortal.

Como una rutina, los amigos se reúnen en la buhardilla de Tano, como todos los viernes, a jugar cartas (un juego llamado truco). Así matan el tiempo, entre recuerdos de juventud, música y ganas de relajarse tras un día intenso en el caos que representa Buenos Aires con su tráfico, piquetes y agitación política.

Mientras juegan, se va la luz y, al tratar de revisar lo sucedido, Tano Favalli, un profesor de física





aficionado a la electrónica, descubre que, sin explicación aparente, la casa y todo el barrio se han quedado a oscuras. Incluso los teléfonos, tanto fijos como móviles, han dejado de funcionar. La esposa de Tano, Paula, advierte desde la ventana que está nevando, y ve cómo un hombre que entra en contacto con la nieve cae muerto de inmediato. Cierran las ventanas y bloquean las puertas ante la angustia de no saber qué ocurre, mientras que El Ruso, en un ataque de nervios, sale de la casa para buscar a su familia y muere de inmediato al recibir la nieve tóxica.

La nevada —en pleno verano— continúa, alimentando el miedo y la incertidumbre de quienes permanecen dentro. Tano, fiel a su formación científica, plantea la hipótesis de una explosión atómica cuya nube radiactiva habría vuelto tóxica la nieve, y sugiere que el pulso electromagnético «fundió» todos los equipos electrónicos. Aquí encontramos una pequeña diferencia con la versión original de la historieta, donde la crisis inicia con una nube provocada por los ensayos nucleares a cielo abierto rea-

lizados por EE. UU. en las islas del Pacífico durante los años 50.

Juan Salvo está muy preocupado por su exesposa, Elena, médica de profesión, y por la hija de ambos, Martha, de quienes no tiene noticias. En un esfuerzo por ir a buscarlas, le improvisan un traje con una máscara antigás que Tano tenía en su estudio y un equipo hermético que le impide cualquier contacto con la nieve. Esa será la imagen icónica de la serie.

Juan recorre las calles desiertas del Gran Buenos Aires, llenas de autos accidentados, cadáveres y emergencias sin atender, hasta llegar al edificio donde vive su exesposa. Marta, su hija, no se encuentra en casa: había salido con una amiga y Elena desconoce el domicilio al que fue. La desesperación los embarga y la búsqueda de la chica se convierte en una misión desesperada. En la novela original esto no ocurre: Marta es una niña pequeña y vive con sus padres, que permanecen unidos.

Ante una situación límite con los vecinos —que se comportan como fieras intentando sobrevi-

vir—, Juan Salvo y Elena son rescatados por Tano, quien ha descubierto que los autos antiguos, con poca o nula electrónica, no fueron afectados por el pulso electromagnético.

A partir de allí se desencadenan muchos eventos. Descubren que la crisis es global y que el gobierno argentino ha sido desmantelado, quedando solo algunos destacamentos militares que intentan coordinar una respuesta frente a lo que, para entonces, se revela como una invasión alienígena.

No contaré más. La novela gráfica *El Eternauta*, de Héctor Germán Oesterheld y dibujada por Francisco Solano López —publicada en su versión completa y actualizada por Editorial Planeta en 2024— es una obra fundacional de la ciencia ficción latinoamericana y un ícono cultural de gran relevancia política, social y artística. Ya hemos comentado en esta sección que la ciencia ficción es, básicamente, un género anglosajón, con algunos nombres notables en la Unión Soviética, Polonia y, más recientemente, China. El género va de la mano con el desarrollo técnico-científico, al analizar el impacto de este sobre la sociedad. En países con vocación agrícola, la ciencia ficción parecería poco creíble, o al menos eso pensábamos muchos.

Por eso, una historia ambientada en la Argentina de los años 50, con un enfoque realista y local, nos demuestra que el género da para mucho más. No es una historia que ocurra en Nueva York o en Tokio. Además, se centra en la clase media, que en aquella época en Argentina gozaba de un excelente nivel de vida y proyectaba un «futuro venturoso» para el país.

La saga, junto con la serie televisiva, combina drama, aventuras de supervivencia y denuncia política, así como un llamado a la organización popular. En este sentido, me atrevo a caracterizarla como una historia subversiva, algo completamente revolucionario para la época en que fue escrita.

A diferencia de las series norteamericanas, aquí no hay un héroe único. Si bien la historia sigue a Juan Salvo como un hilo conductor —y en la segunda parte de la serie, ya anunciada, veremos su verdadero papel—, no encontramos el arquetipo del héroe típico y justiciero solitario. En realidad, la historia apela constantemente a que es la colectividad la que puede salvarnos. En la pantalla vemos cómo cada personaje posee talentos y habilidades que puede poner al servicio del bien común. Esta inteligencia colectiva se convierte en la mejor arma contra el invasor.

Este enfoque también distingue a *El Eternauta* de la ciencia ficción tradicional, que suele presentar personajes aislados o individuos extraordinarios enfrentando al mal. En esta saga vemos al ciudadano común, con sus miedos, limitaciones y debilidades, alzarse como una fuerza colosal frente al poder opresor.

Philip K. Dick, el gran escritor de ciencia ficción, afirmaba que este género era, en realidad, un discurso sobre el presente; que la representación del futuro (o del pasado) era un recurso para disfra-





zar su análisis del presente. Creo que *El Eternauta*, tanto en su versión original como en la serie televisiva, encarna fielmente esta definición, pues su autor plantea una alegoría política sobre la resistencia.

La crítica fundamental de la historia es al imperialismo norteamericano y a las dictaduras que lo representaban a nivel local. Los invasores representan el colonialismo y la opresión; la lucha de los pueblos —la inteligencia colectiva— su resistencia contra estas tiranías. ¿Cómo ven los habitantes de Palestina al invasor sionista? ¿Cómo este ha deshumanizado al pueblo hasta el punto de hacer creíble y aceptable su exterminio? ¿Y cómo los más débiles han resistido durante décadas ante la mirada complaciente de los demás? Israel, en este momento, es ese invasor que *El Eternauta* retrata. O los gobiernos neoliberales o anarcocapitalistas, dispuestos a sacrificar a sus sociedades con tal de aumentar las ganancias de las plutocracias que representan localmente.

En la historia se presentan tres clases de enemigos del pueblo:

- **Los «Cascarudos»:** criaturas blindadas, como escarabajos, que hacen el trabajo sucio. Son una alegoría de los ejércitos y los sicarios.
- **Los «Manos»:** seres humanos manipulados por los invasores. Representan a los convencidos por el esclavista, que desarrolla en ellos la idea de que no son víctimas, sino parte del poder. Son la fuerza electoral y propagandística del opresor.
- **Los «Gurbos»:** enormes bestias destructoras que aplastan a quienes se resisten, representando así a las grandes fuerzas militares como el ejército de EE. UU., la OTAN (o Israel en el caso de Gaza), capaces de arrasar a quien no se pliegue.

Los sobrevivientes de la nieve tóxica —Juan, Elena, Tano y sus amigos— intentan subsistir tras el ataque inicial, solo para descubrir que, por sí solos, jamás lo lograrán. Cada uno tiene talentos: Tano es racional y experto en electrónica; Juan (en la serie) es un excombatiente de Malvinas con experiencia en combate y supervivencia; Elena es médica; Paula, científica; y Lucas, un financiero con conocimientos en radiactividad. A ellos se suman otros personajes con habilidades útiles, incluso un grupo de sobrevivientes muy especial: feligreses organizados dentro de una iglesia.

Todos deben enfrentarse no solo a los «Ma-

nos» y los «Cascaudos», sino también a ciudadanos que rechazan la organización colectiva y actúan movidos por el egoísmo y el deseo de someter a los más débiles, algo que hemos visto repetidamente en situaciones de emergencia.

A pesar de todo, el grupo es débil. Pronto descubren que la colectividad les da fuerza, los protege, y en ese proceso se van decantando los liderazgos y las capacidades: la inteligencia colectiva de los más vulnerables. Ese es el mensaje: la sociedad importa.

Así, se unen a militares sin mando y a otros civiles para luchar contra el enemigo, por poderoso que parezca, descubriendo que los extraterrestres tienen un plan aún más siniestro que la simple conquista de la Tierra.

En la serie de televisión —al menos en esta primera entrega—, queda claro que la historia gira en torno a Juan Salvo. Tiene experiencia en combate y supervivencia; es pacífico, detesta la violencia gratuita, es racional y no acepta explicaciones simplistas, sino que busca evidencias. Sin embargo, Juan experimenta ausencias frecuentes: su mente imagina cosas extrañas. Poco a poco vamos descubriendo que Juan no es el mismo que salió de casa de Tano para buscar a su hija y el que regresó horas después. Salvo ya ha experimentado, de algún modo, saltos temporales entre pasado, presente y futuro. Juan Salvo es *El Eternauta*.

¿Por qué recomiendo la serie? Ya dijimos que fue (es) una obra innovadora, influyente y revolucionaria en varios sentidos. Puede que no te guste la ciencia ficción, pero esta historia recupera —o, mejor dicho, crea— un estilo que caracterizó a Philip K. Dick y a los primeros autores del ciberpunk primigenio: la crítica del presente, usando el futuro hipotético o la realidad alterna como recurso.

Su autor, Héctor Germán Oesterheld, fue más allá: convirtió la ciencia ficción en un arma de denuncia. Su legado sigue vivo en cada relectura de *El Eternauta* y en la lucha por los derechos humanos en América Latina.

La serie es muy fiel a la obra original, aunque recibió las actualizaciones necesarias para hacerla creíble en el mundo moderno: con celulares, internet y comportamientos sociales que no existían en los años 50.

Oesterheld solía decir: «En el mundo tiene que haber más verdad, más justicia y más libertad. O no tiene sentido vivir».

Héctor Germán Oesterheld (1919–1977) fue un escritor, guionista y periodista argentino, considerado uno de los autores más importantes de la historieta en español y una figura clave de la ciencia ficción latinoamericana. Su obra más famosa, *El Eternauta*, trascendió el ámbito del cómic para convertirse en un símbolo de resistencia política y cultural. Fue detenido, al igual que sus cuatro hijas (Estela, Diana, Beatriz y Marina), por la dictadura militar que gobernaba Argentina; todos permanecen desaparecidos. Fueron asesinados, aunque sus cuerpos nunca fueron recuperados.



NATUGRAFÍA

Coa citrino (*Trogon citreolus*)

* Miguel Gerardo Ochoa Tovar



Imagina que caminas por un sendero polvoriento en el occidente de México. El sol calienta las ramas retorcidas de los árboles secos, y de pronto, algo brilla entre las sombras: un destello amarillo y verde, como si un fragmento de sol se hubiese posado en una rama. Es la coa citrino (*Trogon citreolus*). Aunque la especie tiene una distribución relativamente amplia en algunas áreas de México, su dependencia de hábitats secos y específicos la hace vulnerable a los cambios en el paisaje.

QUEHACER CIENTÍFICO NICOLAITA

Se llevó a cabo con éxito la 13^a. Semana del Cerebro en la UMSNH

*Luis Fernando Ortega Varela



Por iniciativa de la DANA Foundation y la Society for Neuroscience, se lanzó en 1996 una propuesta para impulsar el conocimiento del cerebro y difundir las Neurociencias a todos los niveles. Se denominó "La Semana del Cerebro" (Brain Awareness Week) y creció rápidamente con el apoyo de las Universidades más prestigiosas del orbe, hasta convertirse en un evento de Divulgación que ocurre simultáneamente a lo largo y ancho de 120 países durante cada tercera semana de marzo. En el marco de esta celebra-

ción, algunos Investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) (Miembros de la Society for Neuroscience y del Cuerpo Académico en consolidación Nutrición y Desarrollo), han organizado una serie de actividades a partir del 2012.

En la UMSNH, en este año el evento se realizó del 10 al 16 de marzo con una propuesta galardonada por la Organización Internacional del Estudio del Cerebro (IBRO). Por un lado, se presentaron 20 videoclips sobre "La importancia del Cerebro en la



vida cotidiana”, preparados por alumnos de Posgrado del Área de la Salud de la UMSNH, a través de las redes sociales de la Revista de Divulgación “Milenario, Ciencia y Arte”. Pero también se presentó en Morelia, una campaña presencial con actividades interactivas sobre el tema en diversas dependencias de la Universidad Michoacana (El Colegio de San Nicolás, La Facultad de Salud Pública y Enfermería y la Preparatoria “Melchor Ocampo”) en donde los estudiantes y el público en general pudieron acercarse a estos temas, obteniendo información de cómo “cuidar su cerebro” de manera accesible y divertida. Nuestros videos alcanzaron más de 15 mil reproducciones en Facebook, resaltando “Cerebro y C. elegans” con 1600 vistas, que relata como un pequeño gusano ha ayudado a estudiar el cerebro para entender algunas enfermedades neurodegenerativas y “Cuida tu cerebro” (1400 vistas), que nos ofrece tips sencillos para mantener la salud Cerebral. Los 20 videoclips siguen disponibles en el FB e Insta-

gram de Milenario, Ciencia y Arte. Las actividades presenciales resultaron de lo más emotivo, más de 1600 estudiantes de nivel medio-superior, participaron de manera muy entusiasta en talleres a cargo de estudiantes de las Licenciaturas de la Facultad de Químico Farmacobiología y de la Facultad de Salud Pública y Enfermería, así como de la Maestría en Ciencias de la Salud de la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas “Dr. Ignacio Chávez”, acompañados del capítulo estudiantil GEOAMET del Instituto Tecnológico de Morelia. Para la realización de esta 13ª. Semana del Cerebro en la UMSNH, fue clave el apoyo del ICTI-Michoacán y la IBRO. Nos vemos el próximo marzo de 2026.

**Luis Fernando Ortega Varela
Facultad de Salud Pública y Enfermería, UMSNH.
luis.ortega@umich.mx*

