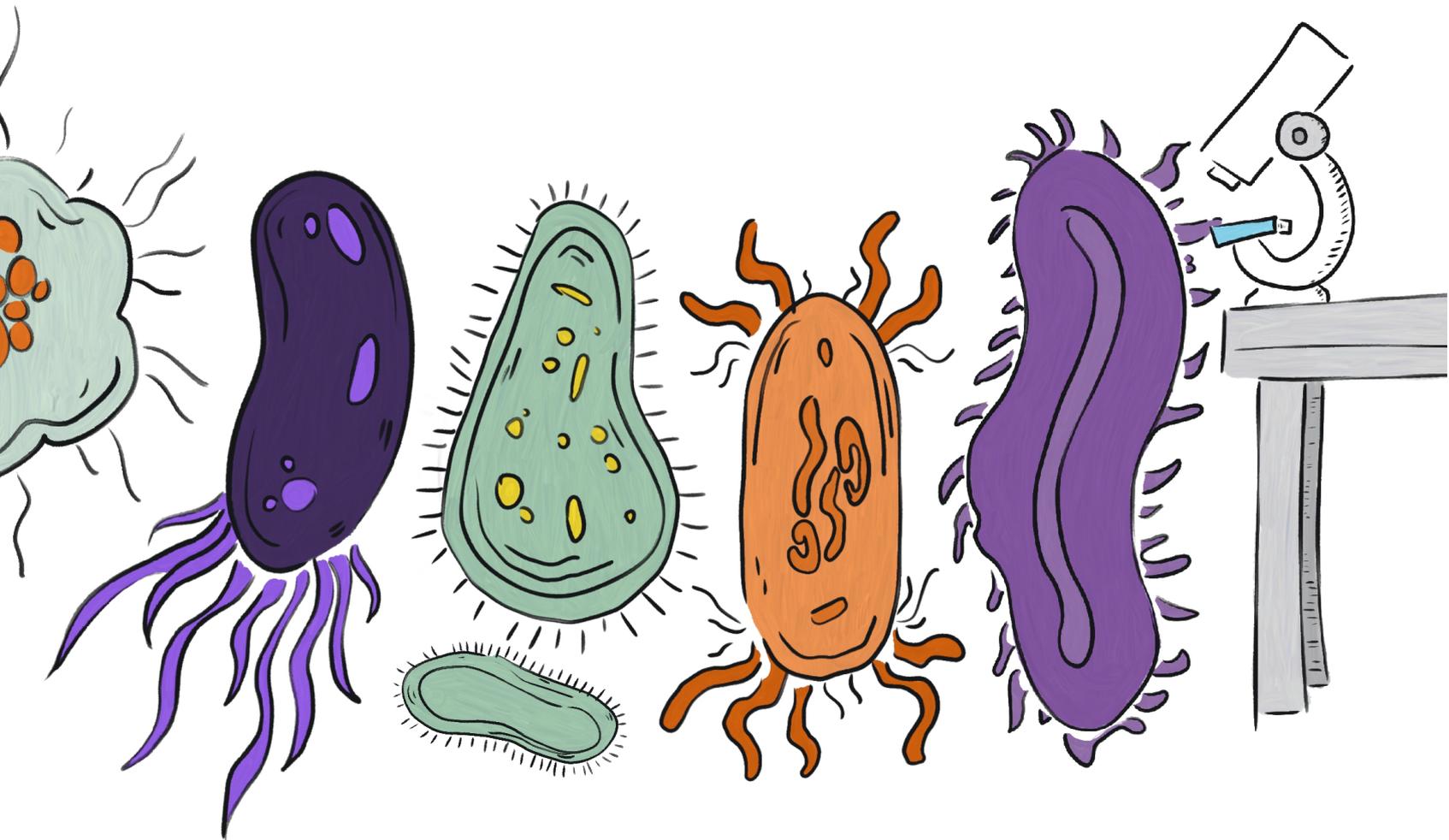


# sabermás

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

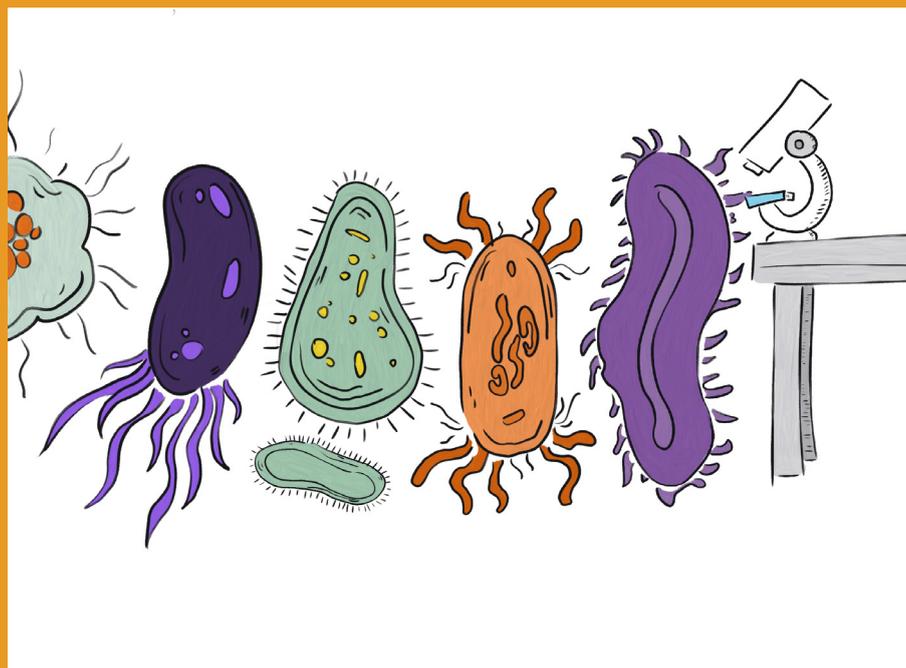


Año 12 / No. 69 mayo - junio / 2023  
Morelia, Michoacán, México  
U.M.S.N.H.



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*  
ISSN-2007-7041

# CONTENIDO



Dana Adaid Becerra Zaragosa y Mauricio Alejandro Santos Pérez  
Técnica: Ilustración digital

## Comunicación humano-microbio: Una charla silenciosa

42

### ARTÍCULOS

Los árboles en las ciudades, ¿benéficos o problemáticos?	17
Fenómenos naturales en políticas públicas, ¿para qué?	21
Hongos endófitos	25
Tecnologías disruptivas para comprender al turista	29
Zombis, ¿mito o realidad?	33
Comunicación entre especies, una oportunidad: Pinos y descortezadores	38
¿Conoces algún alimento hecho de lenteja?	49
Las lentejas y su impacto en la salud humana	52
¿Qué tan simple y común es el hipo?	56
La Física, una ciencia que ayuda a salvar vidas	60
Extremófilos: Biotecnología al extremo	65
Xenotrasplante: Trasplante de órganos de animales a humanos	72
Energías renovables y su relevancia en México	77
¿Qué es la materia blanda?	82



17



25



33



49



56



65

**ENTÉRATE**

Argumentos en contra de la gestación subrogada 6

Herramientas digitales: Estudio en humanidades complejas y el pasado humano 9

**TECNOLOGÍA**

Primeros pasos con el software R 87

**UNA PROBADA DE CIENCIA**

*Las huellas del mal* 92

**CIENCIA EN POCAS PALABRAS**

Gas *shale* o gas de lutitas 96

**LA CIENCIA EN EL CINE**

*Silo* 100

**NATUGRAFÍA**

Polilla Tigre Real 102

**INFOGRAFÍA**

Quehacer Científico Nicolaita 103



Entrevista Dr. Carlos Martín Cerda García Rojas  
 Profesor Titular del Departamento de Química del CINVESTAV

12

# DIRECTORIO



## Rectora

Dra. Yarábí Ávila González

## Secretario General

Dr. Zoe Tamar Infante Jimenez

## Secretario Académico

Dr. Jorge Fonseca Madrigal

## Secretaria Administrativa

D. C. E. Javier Cervantes Rodríguez

## Secretario de Difusión Cultural

Dr. Miguel Ángel Villa Álvarez

## Secretario Auxiliar

Mtra. Mónica Gutiérrez Legorreta

## Abogado General

Dr. Raúl Carrera Castillo

## Tesorero

C. P. Enrique Eduardo Roman García

## Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Jesús Campos García

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 12, No. 69, mayo - junio, 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](mailto:sabermas.publicaciones@umich.mx), [sabermasumich@gmail.com](mailto: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, Departamento de Informática 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, 26 de junio de 2023.

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.



## Director

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

## Editor

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

## Comité Editorial

Dr. Jesús Campos García  
Instituto de Investigaciones Químico Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de  
Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.

Dr. Cederik León de León Acuña  
Instituto de Física y Matemáticas, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,  
Michoacán. México.

Dra. Ek del Val de Gortari  
IIES-Universidad Nacional Autónoma de México,  
Campus Morelia.

M.C. Ana Claudia Nepote González  
ENES-Universidad Nacional Autónoma de México,  
Campus Morelia.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas  
ENES-Universidad Nacional Autónoma  
de México Campus Morelia,

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez  
Instituto de Física y Matemáticas, 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

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

## Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

# EDITORIAL

En este tercer número de *Saber Más* que publicamos para ustedes en este 2023, te mostramos de nuevo quince artículos que, gracias a los autores, nos dan muchas opciones de lectura científica, ya que, podemos saber más acerca de microorganismos, árboles, fenómenos naturales, tecnologías disruptivas, energías, xenotrasplantes, sobre el hipo y hasta de zombis. Algunos artículos de éstos, nos describen relaciones muy importantes que se dan entre organismos o con nuestro entorno como el de "Los árboles en las ciudades", entre hongos y plantas "Hongos endófitos", la comunicación entre plantas e insectos "Pinos y descortezadores", pero también podemos saber más sobre organismos extremófilos, sobre la lenteja como alimento funcional, sobre los trasplantes de órganos de animales a humanos, sobre la física como objetivo en salvar vidas, sobre la materia blanda y acerca de las energías renovables en México. Sin duda alguna, no hay excusa para leer estos interesantes temas. Primero sugiero leer el artículo de nuestra portada "Comunicación humano-microbio: Una charla silenciosa" en el que se resalta la relación que tenemos con ellos, que pueden estarnos utilizando como una especie de vehículo viviente ¿tú qué opinas?

Y, los artículos de las Secciones habituales de *Saber Más*, además de interesantes y actuales, nos dejan ver temas de los que debemos saber más. En la Sección Entérate lee dos interesantes notas, la primera sobre la gestación subrogada ¿es legal en México?, y la segunda sobre las herramientas digitales en el pasado humano. El artículo "Primeros pasos con el software R" de la Sección Tecnología nos deja ver este lenguaje de programación gratuito, para realizar diversas funciones, como manejar y analizar datos, cálculos y hacer gráficos, es una de las plataformas de estadística más recurrida para el análisis de datos, convirtiéndose en un software de alto ni-

vel. En la Sección La Ciencia en Pocas Palabras, los autores nos definen el gas de lutitas, conocido por su nombre en inglés gas shale que, aunque es igual en composición al gas natural, lo que lo hace diferente es la profundidad a la cual se encuentra almacenado en el subsuelo.

Dejo al final para recomendarte la Entrevista, realizada al Dr. Carlos Martín Cerda García Rojas, científico nacido en Uruapan, Michoacán, México, que realiza investigaciones enfocadas al análisis estructural, diseño y síntesis de compuestos con actividad antineoplásica obtenidos a partir de sustancias naturales y este mes fue reconocido en la 18ª Reunión Internacional de Investigación en Productos Naturales, realizado en nuestra Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Pero también tenemos las secciones de Una Probada de Ciencia y La Ciencia en el Cine, con las interesantes propuestas del Dr. Horacio Cano, nuestro editor, que recomienda una novela, esta vez no un libro científico ni de divulgación, sobre un *thriller*, de una novela de acción y de misterio ("*Las huellas del mal*", Grijalvo, 2023, Federico Andahazi); y, en la siguiente sección, la serie "*Silo*" (AppleTV, 2023), serie de diez capítulos estrenada recientemente y basada en la trilogía del mismo nombre, de Hugh Howey, que nos relata una guerra nuclear y bacteriológica que han arrasado con el mundo y los últimos supervivientes viven en un silo subterráneo desde hace más de 300 años.

Finalmente te presento esta fotografía de una Polilla Tigre Real en la Sección Natugrafía y la relatoría de un evento científico en la Sección del Quehacer Científico Nicolaíta.

Estimados lectores, continúen siendo nuestros colaboradores compartiendo los artículos seleccionados siempre para ustedes, o el número completo, y los invito a ver nuevas cápsulas en ciencia móvil y las entrevistas en nuestra página de Facebook. Hasta pronto

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Director



# ENTÉRATE

## Argumentos en contra de la gestación subrogada

Por: Ramón Ortega-Lozano



<https://pixabay.com/es/photos/embarazada-mam%c3%a1-el-embarazo-2763934/>

La gestación subrogada (GS) ya es legal en algunos países, como es el caso de México; sin embargo, sigue siendo motivo de debate, de demanda social y es, sin duda, parte de la agenda política con miras a cambiar su actual prohibición en España. En este artículo se intentará exponer de forma breve los argumentos éticos que están en contra de esta práctica. Para comenzar hay que definir la GS, también conocida por otros nombres como natalidad subrogada, vientres de alquiler, etc. Esta práctica se da cuando **una mujer gesta un bebé para entregarlo en el momento de su nacimiento a la persona o personas que se lo han encargado** y que van a asumir su paternidad/maternidad. Las partes involucradas en esta práctica son, por un lado, **la gestante** que es la mujer que se embaraza para ofrecer el bebé y, por otro, la per-

sona o personas que se convertirá(n) en padres y/o madres cuando nazca el bebé, y a quienes se les define técnicamente como **la parte comitente**. Esta puede ser una pareja heterosexual, de hombres, de mujeres, una mujer o un hombre en solitario.

Para adentrarnos a los temas éticos hay que hablar primero de la autonomía de la gestante, es decir, su capacidad para tomar decisiones de forma libre e informada, en este caso, para gestar un bebé que tendrá que entregar al término del embarazo. Una verdadera autonomía exige que **la gestante no esté condicionada por factores externos** a la hora de tomar su decisión, como pueden ser su economía o su estabilidad psicosocial. Pueden existir dudas razonables sobre la libertad de decisión debido a la inestabilidad en la pareja de la gestante, adicciones, trastornos psíquicos, sospecha de inca-

pacidad para afrontar la separación del recién nacido o evidencia de coacción económica, emocional o social.

Como no podemos centrarnos en cada uno de estos aspectos, trataremos el más evidente de ellos: la presión económica que puede llevar a una mujer a optar por esta práctica para así conseguir dinero. La filósofa María José Guerra Palmero, opina que apelar solo a la autonomía y obviar cuestiones relacionadas con la igualdad y la justicia, no conduce a un verdadero entendimiento del fenómeno. No puede comprenderse una verdadera libertad de decisión en la gestante, sin **tomar en cuenta su contexto** (y su nivel económico es parte de este). A su vez, hay que mencionar que **esta práctica suele llevarse a cabo desde países ricos**, donde suele vivir la parte comitente, **con gestantes que viven en países pobres**. Por tanto, se trata de una práctica que tiene lugar dadas las desigualdades existentes entre las mujeres en un marco global.

Por ello, para combatir esta situación, **algunos países han optado por aceptar la GS altruista** (y no la comercial), es decir, que **la gestante no reciba un pago** por llevar a cabo el embarazo, solo recibe una compensación por las molestias y por los gastos del embarazo. Sin embargo, esto no resuelve el problema, pues como dice el Comité de Bioética Español (CBE): «incluso en los países en los que [la GS] se acepta [legalmente], muchos ciudadanos optan por contratarla en el extranjero. En aquellos que solo permiten la gestación subrogada altruista es posible que una persona no encuentre una 'gestante desinteresada' y opte por la gestación subrogada comercial en el extranjero.» Dicho en otras palabras, la GS pone en peligro a un sector de la población mundial vulnerable: la mujer de los países pobres.

Pero como se decía, esta situación atenta sobre todo a la capacidad de que la gestante tome una decisión de forma libre, voluntaria y altruista. No se pueden tener las mismas garantías de no explotación de las gestantes en países del extranjero (de países pobres), a donde se suele acudir debido a que, por su escasez, no se hallan voluntarias en los Estados europeos. Incluso sin hablar de explotación, **resulta dudoso tener las garantías para comprobar una verdadera voluntariedad de las gestantes en el extranjero**. Como defiende en una reciente publicación (2020), este fenómeno de explotación se vería sensiblemente reducido si las gestantes formaran parte del mismo Estado/Na-

ción que los comitentes, pues las garantías de su voluntariedad y altruismo estarían mejor vigiladas.

Por otro lado, la libertad y voluntariedad de la gestante en el proceso de GS, se inicia con la gestación y termina cuando se produce el nacimiento del bebé. En este sentido, la gestante debería poder interrumpir el embarazo o continuarlo en contra de la opinión de los comitentes. Yendo más lejos, se debe defender la autonomía de la gestante incluso en la entrega del bebé, ya que ningún contrato o convenio puede cancelar dicha autonomía. No es algo extraño, ya que en la donación de órganos y en la experimentación humana, siempre existe la opción de retirarse o negarse para respetar la autonomía del que voluntariamente se presta a estos procedimientos. Por tanto, **al nacer el bebé, debería exigirse una ratificación por parte de la gestante** si se pretende garantizar su autonomía (como sucede en el modelo del Reino Unido, en el que se entrega al bebé unas semanas después de su nacimiento). Pero lo cierto es que esta forma de posponer la decisión definitiva de entregar al bebé, plantea graves conflictos de intereses entre las partes implicadas, sin olvidar el hecho de que disminuir el riesgo de explotación para la gestante, **incrementa la inseguridad jurídica del niño**, ya que hasta que no acontece el parto y pasan unas semanas, no podrá determinarse quiénes son los padres legales.

Unido a estos conflictos de intereses, también se encuentra el **tipo de relación que puede llegar a guardar los comitentes y la gestante**, que bien **puede ser un vínculo familiar o de amistad**. Por ejemplo, podría darse el caso de que la gestante fuera madre de alguno de los comitentes, lo que la convertiría en abuela legal, aunque haya sido la madre portadora (o gestante) o si fuera una hermana sería la madre portadora y tía legal. Estos lazos de unión entre comitentes y gestante, en lugar de simplificar el proceso, hacen más complejo garantizar la autonomía de la gestante, pues **dichos vínculos pueden generar una presión afectivo-emocional** en ella. El hecho de que **la gestante sea una persona anónima podría reducir estos problemas**. Sin embargo, en la actualidad se habla del concepto *matching* (emparejamiento), y hay quien defiende que es crucial que comitentes y gestante se conozcan para crear una relación de confianza y un consenso en las expectativas de ambas partes.

Finalmente, está el tema del acceso a este servicio. En palabras de la filósofa Guerra: «En primer lugar, es un 'servicio' que se paga y en un fu-

turo no parece asumible por ningún sistema nacional de salud, por lo que nos hallamos discutiendo un asunto de bioética para gente adinerada; lo que otras veces he referido como bioética para privilegiados». Permitir legalmente esta práctica sin que se incluya en la cartera de servicios de la seguridad social, supone una técnica de la cual solo un puñado de personas privilegiadas podría beneficiarse, fomentando así la desigualdad social. A ello se le suma que la prohibición de la GS en España no parece haber detenido la proliferación de agencias que proponen la posibilidad de llevar a cabo esta práctica en el extranjero. La pareja o persona deseosa de tener descendencia puede acudir al extranjero, lo que amplía los posibles abusos e injusticias y fomenta el «turismo reproductivo». Sin embargo, estas agencias de turismo reproductivo tampoco han dejado de expandirse en países en los que es legal esta práctica, pues debido a la escasez de gestantes altruistas en los países donde viven los comitentes, tienen que buscar gestantes en países extranjeros en donde la GS también es legal. No

podemos negar que muchos de los países a los que se acude suelen ser más pobres, como es el caso de Ucrania, lo que vuelve a plantear el problema de la justicia global en el que se ve vulnerada la mujer (la gestante) pobre.

Pese a todos estos argumentos en contra de la GS, es posible plantear un caso en el que no se vulnere a la gestante. Para ello, se propone que esta debe actuar de manera libre y sin ningún tipo de presión externa para salvaguardar su autonomía, lo cual exige el cumplimiento de tres criterios: 1) **deberá ser altruista**, es decir, aunque pueda existir una compensación económica no puede haber un interés comercial por parte de la gestante; 2) **la gestante deberá pertenecer al mismo Estado/Nación que los comitentes**, y es en dicho Estado o Nación donde se deberá llevar a cabo esta técnica de reproducción humana asistida; y 3) **se recomienda el anonimato** para salvaguardar la autonomía de la gestante. A esto se le podría agregar el debate de si este procedimiento debiera incluirse dentro de la cartera de servicios que se ofrecen en la seguridad social y no fomentar una desigualdad social.

Ramón Ortega-Lozano. Profesor Doctor de Bioética y de Antropología de la Salud, Facultad de Ciencias de la Salud, San Rafael-Nebrija. Universidad Nebrija, Madrid, España.  
ortega.lozano.ramon@gmail.com



Boletín Oficial del Estado. (2006). Ley 14/2006, del 26 de mayo, sobre técnicas de reproducción humana asistida. *BOE*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-9292>

Guerra-Palmero, M.J. (2017). Contra la llamada gestación subrogada. Derechos humanos y justicia global versus bioética neoliberal. *Gaceta Sanitaria*, 31(6), 535-538. <https://scielo.isciii.es/pdf/gs/v31n6/0213-9111-gs-31-06-00535.pdf>

López-López, M.T., De Montalvo-Jääskeläinen, F., Bedate, C.A., Bellver-Capella, V., Cadena-Serrano, F., De los Reyes-López, M., Fernández-Muñiz, P.I., Jouve-De la Barra, N., López-Moratalla, N., Nombela-Cano, C., Romero-Casabona, C.M. y Serrano-Ruiz-Calderón, J.M. (2017). Informe del comité de bioética de España sobre los aspectos éticos y jurídicos de la maternidad subrogada. *Comité de Bioética de España*, Bilbao, 1-92. [http://assets.comitedebioetica.es/files/documentacion/es/informe\\_comite\\_bioetica\\_aspectos\\_eticos\\_juridicos\\_maternidad\\_subrogada.pdf](http://assets.comitedebioetica.es/files/documentacion/es/informe_comite_bioetica_aspectos_eticos_juridicos_maternidad_subrogada.pdf)

Núñez, R., Feito, L. y Abellán, F. (2015). Propuesta de bases generales para la regulación en España de la Gestación por sustitución. *Grupo de Ética y Buena Práctica Clínica de la Sociedad Española de Fertilidad*, 1-28. <https://www.sefertilidad.net/docs/grupos/etica/propuestaBases.pdf>

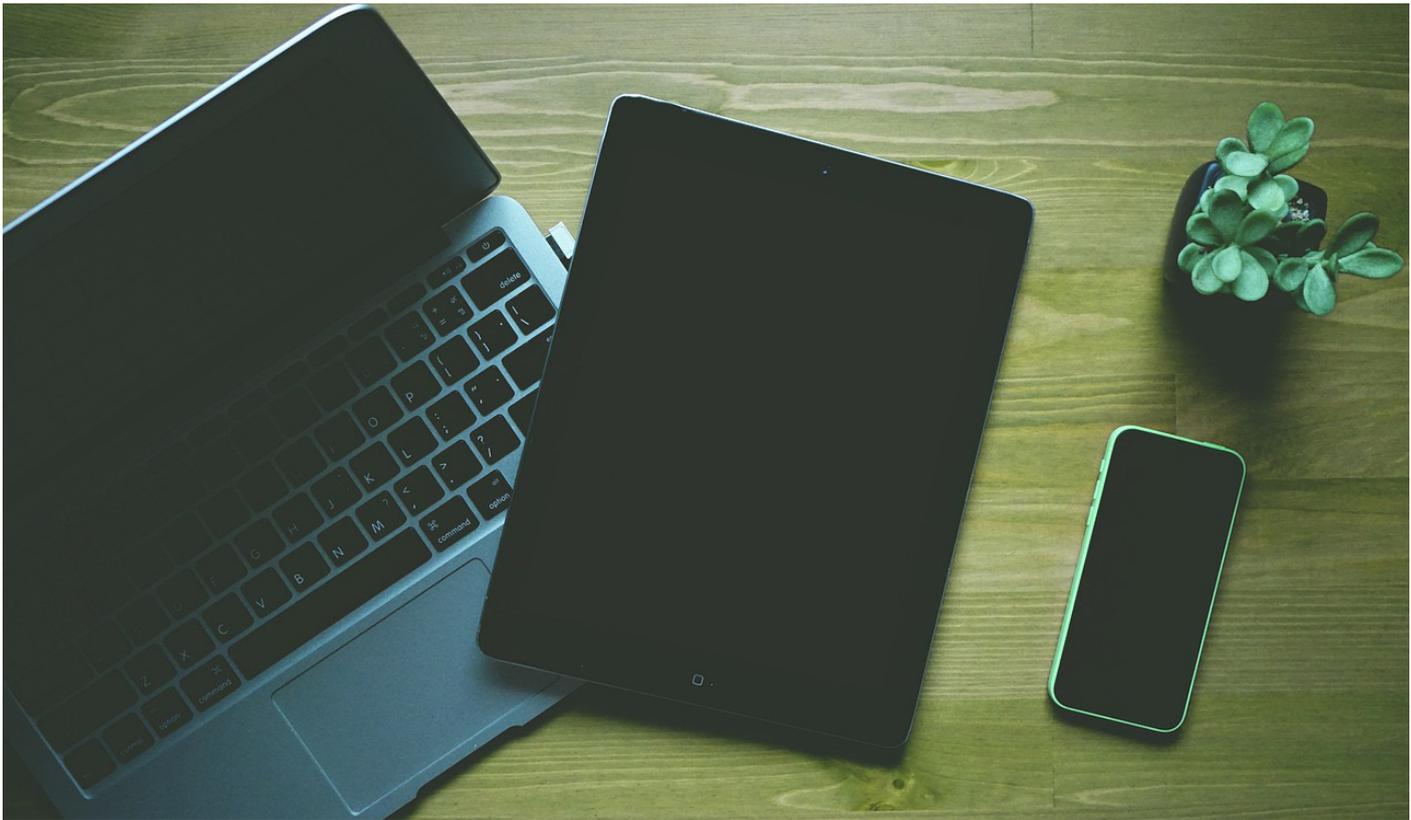
Ortega-Lozano, R., Álvarez-Díaz, J.A., Herreros-Ruiz Valdepeñas, B. y Sánchez-González, M.A. (2018). Gestación Subrogada: aspectos éticos. *Dilemata. Revista Internacional de Éticas Aplicadas*, 28, 63-74. <https://www.dilemata.net/revista/index.php/dilemata/article/view/412000248>

Ortega-Lozano, R. (2020). La única vía para garantizar que la gestación subrogada sea éticamente correcta. *EIDON. Revista Española de Bioética*, 53, 36-46. <https://www.revistaeidon.es/index.php/revistaeidon/article/view/117/92>

# ENTÉRATE

## Herramientas digitales: Estudio en humanidades complejas y el pasado humano

Por: Aline Lara-Galicia



<https://pixabay.com/es/photos/computadora-port%C3%A1til-ipad-org%C3%A1nico-1280536/>

Por décadas ha existido una diferencia entre lo que es una ciencia dura como las matemáticas, la física o la química, y lo que es una ciencia social como la psicología o la antropología, por mencionar algunos ejemplos. Dicha distinción ha causado **desinformación con respecto a la importancia que tienen**, para la sociedad y para la ciencia en general, **los estudios de los comportamientos humanos**. A pesar de ello, y con el desarrollo a pasos agigantados de las nuevas tecnologías, ese mismo discurso parece estar alejado de lo que está sucediendo desde hace ya más de cuatro décadas.

Según el antropólogo y lingüista Carlos Reynoso, la investigación social y las ciencias complejas son las que definen los problemas que son

utilizados en la tecnología y en la ciencia formal. Desde la antropología, por ejemplo, se utilizan técnicas de grafos y las redes sociales para identificar patrones sociales que sirven para definir problemas matemáticos. Entonces, ¿primero utilizamos la vida cotidiana o los problemas sociales para que las ciencias duras puedan desarrollarse con gran veracidad? Sin duda, la ciencia ha cambiado.

### Los modelos de degradación en la pintura rupestre y mural

Estas nuevas aplicaciones computacionales también han podido apuntalar en la **generación de modelos desde un problema social para revelar patrones en la sociedad del pasado**. Por ejemplo,

proponen entender las distribuciones que se observan en los centros mayas conectados a través de los caminos pavimentados llamados *sacbé*s, o la búsqueda de técnicas y huellas en arte rupestre desde una metodología con fractales, la relación espacio temporal relacionada en la construcción de Teotihuacán, o la forma de distribución de bordados indígenas.

Los diversos softwares que podemos encontrar en la aplicación de los estudios de imagen en arqueología, derivan de programas de procesamiento digital que todos conocemos: el *java*. Dichas aplicaciones, entre ellos el **programa *imageJ***, tuvo su origen para detallar imágenes a las ciencias en la salud, pero gracias a que el código es abierto y por tanto extensible, el programa fue ampliándose hasta ser una **herramienta útil**, incluso para tratar el arte rupestre de hace más de 10 000 años. Sin embargo, las ciencias complejas tenían un *as* escondido.

Estos estudios —que son de bajo costo— se desarrollan a partir de una fotografía digital en formato «.raw». Al introducir estas nuevas aplicaciones, por ejemplo, en pinturas mexicas, podemos no solo hacer la «imagen más bonita», sino que los diversos *tratamientos* dentro del programa de computador pueden darnos algunas **respuestas en cuanto a cómo estaba hecha, cuántas capas tenía y si existían patrones de técnicas en la pintura**. Dichos análisis fueron realizados con dos softwares de sistema abierto creados en el laboratorio de análisis espacial de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por Jean François Parrot, quien al introducir las imágenes no solo realzó los colores, sino que también analizó, otorgó datos estadísticos y, por tanto, nos permite comparar resultados de una imagen y de otra de manera cualitativa.

### ¿Cómo funcionan?

Los softwares realizan un análisis de **estiramiento** de la imagen, es decir, que a través del color **provoca que se hagan visibles elementos que ya no son tan perceptibles para el ojo humano**. Este tipo de programas recurre al modo *raster*, que es cuando los objetos estudiados corresponden a componentes de píxeles. Hoy en día todos toma-

mos fotografías con nuestros dispositivos móviles y sabemos que a medida que hacemos zoom la imagen digital se descompone, «se pixelea». En la imagen digital, *un pixel es la unidad homogénea más pequeña de una imagen rasterizada*. Todas las nuevas tecnologías, como la fotogrametría o los 3D, también trabajan con este modo digital.

¿Cuáles son las ventajas que encontramos con este tipo de estudios por algoritmos computacionales en la pintura? Pues bien, se inicia con una metodología muy rigurosa donde los tonos de las imágenes digitales nos ofrecen herramientas de comunicación visual. Se puede analizar la línea de la pintura prehispánica, las irregularidades que posee una superficie y analizar esta rugosidad de la pintura o grabados y hacer modelos de cómo se comporta la pintura en diversos soportes o en diversas materias primas. ¿Qué significa esto? Que probablemente no sea el mismo patrón que deje una pintura en una roca, en una estalactita o en un pedazo de cerámica.

Esto suena elemental, salvo cuando lo que queremos definir son patrones de técnicas, y justamente los estudios de ciencia computacional pueden acercarnos a ello, incluso en diversos materiales.

### El proceso

Una imagen digital, en este caso de arte rupestre, se transforma en una imagen en tonos grises; según la distribución de los tonos gris en la imagen, se realiza un estiramiento de ella. Posteriormente, la imagen se integra a los diversos tratamientos, dependiendo de qué es lo que queremos localizar. Uno de ellos, además del **estudio de la rugosidad**, es un análisis de la dimensión fractal, el cual nos permite **definir la microgeometría de la superficie**.

Ahora bien, ¿qué pasaría si nos encontramos con pinturas muy degradadas, grafiteadas o casi borradas? La situación es mucho más compleja, pero no imposible. Como se menciona en las primeras líneas de este artículo, **las simulaciones son parte de estas nuevas modalidades científicas**. *Coatl*, que es el nombre de uno de los programas, calcula la distancia entre cada pixel de la figura estudiada y con ello «reconoce» cuáles píxeles son

similares, como si tuvieran un código común. Al realizar dicha exploración, el programa restaura la imagen dónde existía pintura y así puede ser visualizada, prácticamente, como cuando se pintó.

Finalmente, en aspectos técnicos, hemos podido comprobar la **eficacia de estas tecnologías**. Los resultados que conlleva es poder comparar cualitativamente una misma pintura y sus efectos de degradación con el paso del tiempo o poder saber si muchas de ellas, en un mismo lugar, fueron realizadas con la misma técnica pictórica y su materia prima. Hemos podido comprobar que el análisis de capas y los distintos tonos de grises muestran el número posible de capas, cómo fueron pintadas y nos permite proponer si existían capas de pintura acumuladas o si la cantidad de pintura ha persistido más en algunas partes que en otras.

En un ámbito más cuantitativo, nos ofrece **observaciones para adelantarnos a la conser-**

**vación de las mismas**, sabiendo cómo se comporta la desaparición de la pintura desde modelos predictivos. Pero de esto no vive y no avanza la arqueología. Las nuevas tecnologías y ciencias computacionales **también ayudan a proponer diversas interpretaciones de carácter cognitivo**. Gracias a acercamientos mucho más detallados y fehacientes, hemos podido interpretar, caracterizar y clasificar las pinturas rupestres y localizar patrones. Esto nos lleva a preguntarnos si los seres humanos nos regimos por reglas, incluso en materias artísticas.

Asimismo, y desde un estudio neurocognitivo, **podemos interpretar que pudo haber pintores especializados** que contaban con una «firma», tal como sucede desde la edad moderna con los grandes pintores.

Aline Lara-Galicia. Investigador Cualificado María Zambrano, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.  
alara8@us.es

Brown, C.T. y Witschey, W.R. (2003). The fractal geometry of ancient Maya settlement. *Journal of Archaeological Science*, 30(12), 1619-1632. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305440303000633>

Lara, A. (2013). Fractales en Arqueología: Aplicación en la pintura rupestre de sitios del México prehispánico. *Virtual Archaeology Review*, 4(8), 80-84. <https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/4323/4464>

Oleschko, K., Brambila, R., Brambila, F., Parrot, J.F. y López, P. (2000). Fractal analysis of Teotihuacan, Mexico. *Journal of Archaeological Science*, 27(11), 1007-1016. [https://www.researchgate.net/publication/229118699\\_Fractal\\_Analysis\\_of\\_Teotihuacan\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/229118699_Fractal_Analysis_of_Teotihuacan_Mexico)

Parrot, J.F. (2010). FROG (Fractal Researches on Geosciences). México: Instituto de Geografía, UNAM. [https://www.researchgate.net/publication/313905159\\_Manual\\_de\\_utilizacion\\_del\\_Software\\_FROG\\_V2\\_Fractal\\_Research\\_On\\_Geosciences\\_Version\\_20](https://www.researchgate.net/publication/313905159_Manual_de_utilizacion_del_Software_FROG_V2_Fractal_Research_On_Geosciences_Version_20)

Reynoso, C. (2019). Etnogeometrías: Patrones geométricos y cultura. [https://www.academia.edu/53130177/Etnogeometr%C3%ADa\\_y\\_Arqueogeometr%C3%ADa\\_Patrones\\_geom%C3%A9tricos\\_ciencia\\_y\\_cultura\\_en\\_Antropolog%C3%ADa\\_y\\_Arqueolog%C3%ADa\\_del\\_Arte\\_2017\\_2021\\_](https://www.academia.edu/53130177/Etnogeometr%C3%ADa_y_Arqueogeometr%C3%ADa_Patrones_geom%C3%A9tricos_ciencia_y_cultura_en_Antropolog%C3%ADa_y_Arqueolog%C3%ADa_del_Arte_2017_2021_)

## ENTREVISTA

Dr. Carlos Martín Cerda García Rojas

Por: Rafael Salgado Garciglia



**E**l Dr. Carlos Martín Cerda García Rojas nació en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México. Es Químico Farmacobiólogo por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (1984), Maestro y Doctor en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) (1984-1992). Desde 1994, es Profesor Titular del Departamento de Química del CINVESTAV y actualmente es Investigador CINVESTAV 3D adscrito al Programa de Posgrado en Farmacología de la misma institución.

Su principal línea de investigación es la determinación de la estructura tridimensional de subs-

tancias de origen natural con interés farmacológico, combinando modelos teóricos basados en cálculos de química cuántica con parámetros de resonancia magnética nuclear. Es responsable de proyectos científicos interdisciplinarios en colaboración con investigadores de varias instituciones enfocados al análisis estructural, diseño y síntesis de compuestos con actividad antineoplásica obtenidos a partir de sustancias naturales.

Tiene una amplia trayectoria académica en la formación de recursos humanos, impartición de conferencias, participación en congresos nacionales e internacionales, como autor de artículos científicos en revistas de arbitraje internacional, y es

árbitro de varias revistas de prestigio internacional. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel III) y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

Fue distinguido con el Premio Martín de la Cruz de Investigación Química y Biológica 2012, otorgado por el Consejo de Salubridad General en el Día Mundial de la Salud, por su investigación científica aplicada al conocimiento en el desarrollo de fármacos a partir de compuestos vegetales. En la 18ª Reunión Internacional de Investigación en Productos Naturales, realizada del 24 al 27 de mayo del presente año, en Morelia, Michoacán, México, se reconoció al Dr. Carlos Cerda por su aportación científica al conocimiento de los productos naturales.

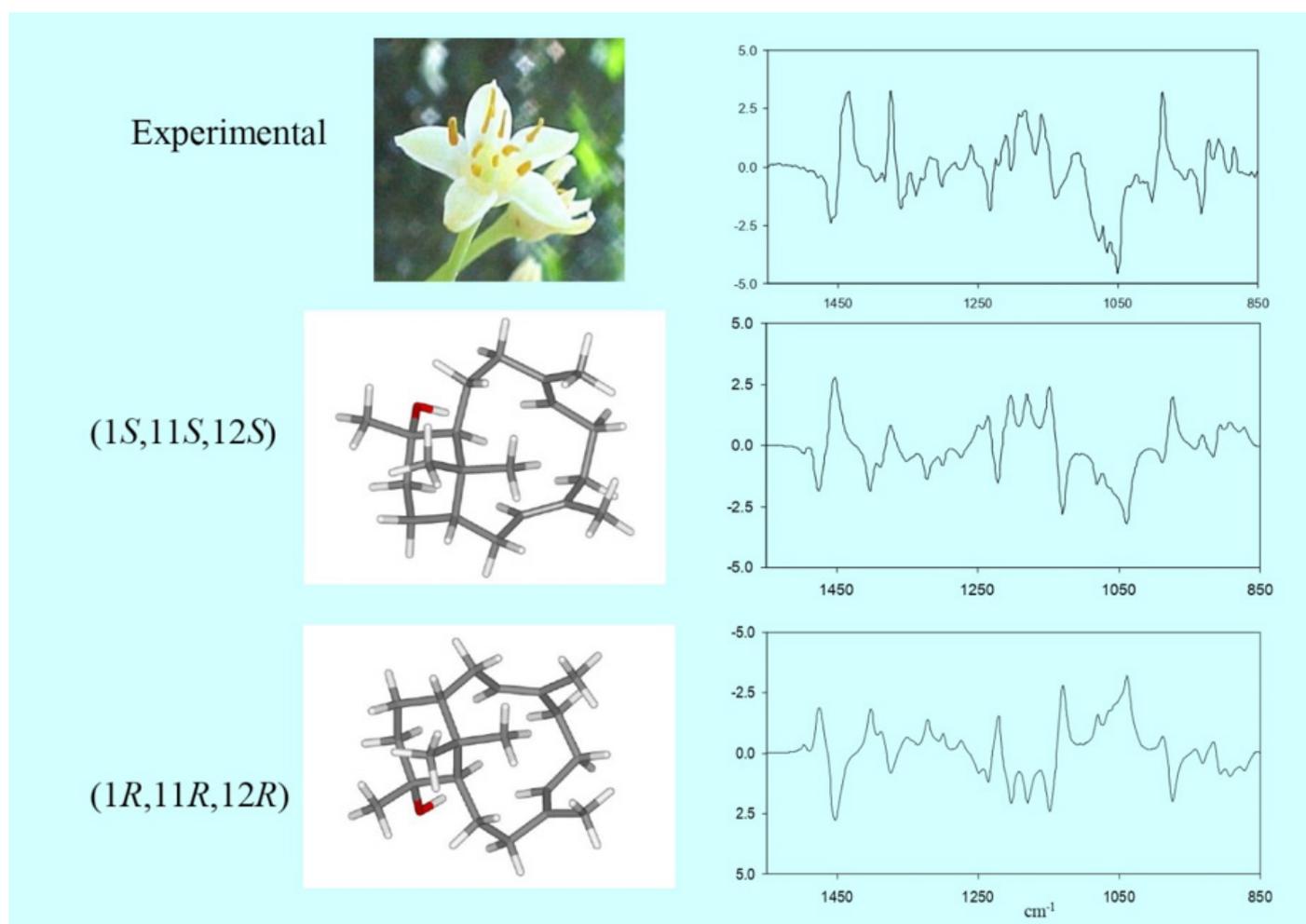
**¿Qué lo motivó a estudiar una carrera de ciencia, pero en particular, la de Químico Farmacobiología?**

Creo que desde la infancia tuve ese interés por la ciencia porque recuerdo que cuando mis padres me compraban juguetes, aparte de trenes y carri-

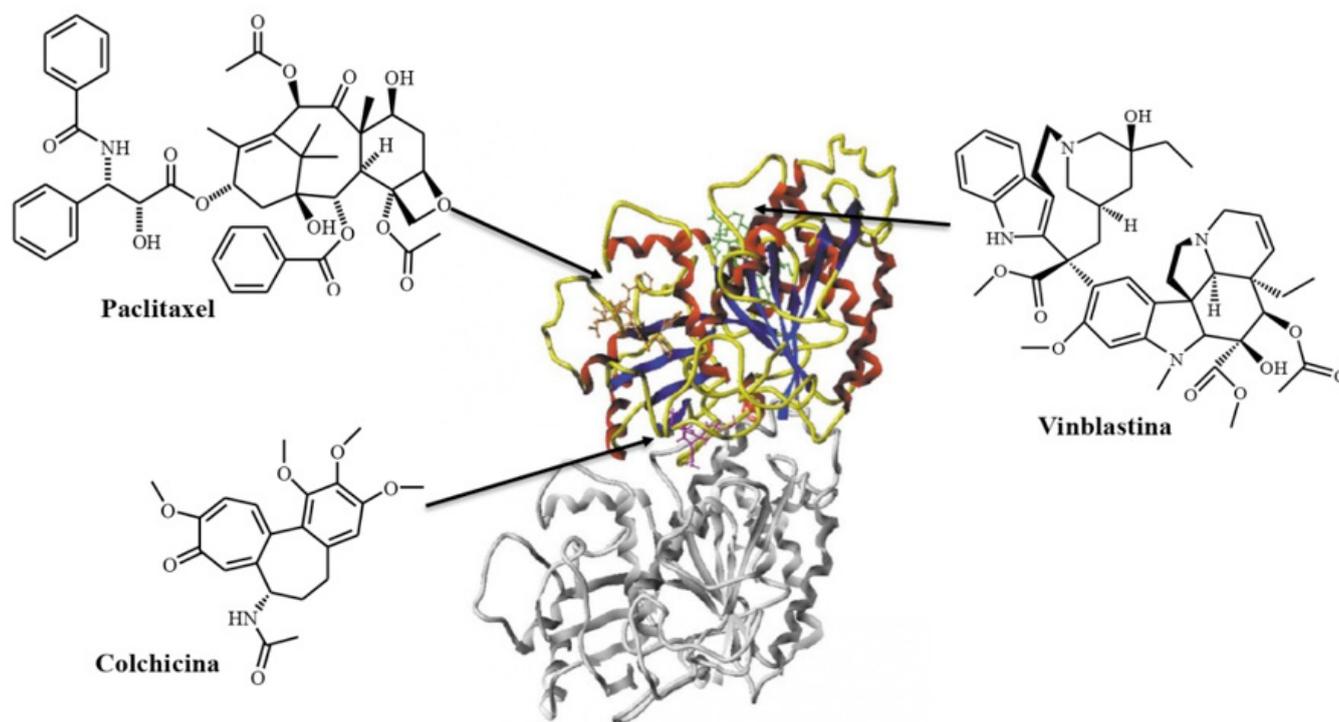
tos, también les pedía juegos de química para hacer experimentos. Una vez me compraron un microscopio y recuerdo que me pasaba horas observando células de plantas, insectos, etc. Posteriormente, en la Escuela Secundaria, me gustaba mucho ir al laboratorio en donde hacíamos experimentos de química que me resultaban muy interesantes, así que cuando llegó la hora de decidirme por estudiar una carrera, sabía que la de Químico Farmacobiólogo era una excelente opción.

**¿Cuándo inició con investigaciones sobre la química de los productos naturales y qué logros obtuvo con ello? Me refiero a la obtención de sus títulos QFB, M.C. y D.C., y primeras publicaciones.**

En 1981, en el tercer año de la carrera, tuve la fortuna de ser aceptado como tesista de licenciatura en los laboratorios de la Dra. Luisa Urania Román Marín y del Dr. Juan Diego Hernández Hernández, en el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en donde incursioné en el fascinante mundo de los productos naturales. Allí participé en un



## Productos naturales antineoplásicos



interesante proyecto de investigación sobre la reactividad química de un grupo de productos naturales aislados de plantas del género *Stevia*, colectadas en el estado de Michoacán, que fue el tema de mi tesis de licenciatura. Posteriormente, en 1984, ingresé al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional en donde mi interés por la investigación se acrecentó. Allí llevé a cabo los estudios de Maestría y Doctorado bajo la dirección del Dr. Pedro Joseph-Nathan. Como logros puedo mencionar que, al término de dichos estudios y la obtención del grado de Doctor en Ciencias en la Especialidad de Química Orgánica en 1992, ya contaba con once publicaciones internacionales y algo de experiencia en la investigación de los productos naturales.

**¿Desde entonces, qué avances en las herramientas actuales son más eficaces para el estudio de los compuestos químicos y cómo han influido en sus investigaciones?**

Sin duda puedo decir que los avances fundamentales han sido en las herramientas computacionales dedicadas a la investigación química. Sobre todo, ha habido avances notables en los cálculos

de las propiedades físicas, químicas y espectroscópicas de los compuestos, así como en el cálculo de sus estructuras tridimensionales en donde el modelado molecular ha sido fundamental. Cuando la estructura química de un compuesto es la correcta, su modelo molecular puede predecir de manera cierta las propiedades espectroscópicas compaginando muy bien con las mediciones experimentales. Este es el caso, por ejemplo, del dicroísmo circular vibracional que permite determinar la quiralidad de un producto natural. Además, con base en los modelos moleculares, es factible hacer una predicción de la actividad biológica, así como de las interacciones de un compuesto con su receptor biológico que en muchos casos es una proteína. En general, las herramientas actuales son más rápidas y precisas, lo que permite estudiar de manera más eficiente a los productos naturales.

**¿Puede decirnos qué líneas de investigación ha seguido a lo largo de estos casi 30 años y en qué está trabajando actualmente?**

A lo largo de estos años hemos desarrollado dos líneas principales de investigación en colaboración con profesores, tanto del CINVESTAV como

con investigadores de instituciones de amplio prestigio como el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. La primera línea está dedicada a la generación de nuevas estructuras carbocíclicas a partir de sustancias naturales mediante reacciones químicas que involucran transposiciones moleculares. El estudio de los mecanismos de reacción de estos compuestos resulta muy importante desde el punto de vista de la ciencia básica. Además, como una posible aplicación de estos nuevos compuestos químicos, se puede resaltar que algunos de ellos poseen aromas nuevos, lo que es relevante en la industria de los perfumes que siempre está en busca de fragancias inusuales.

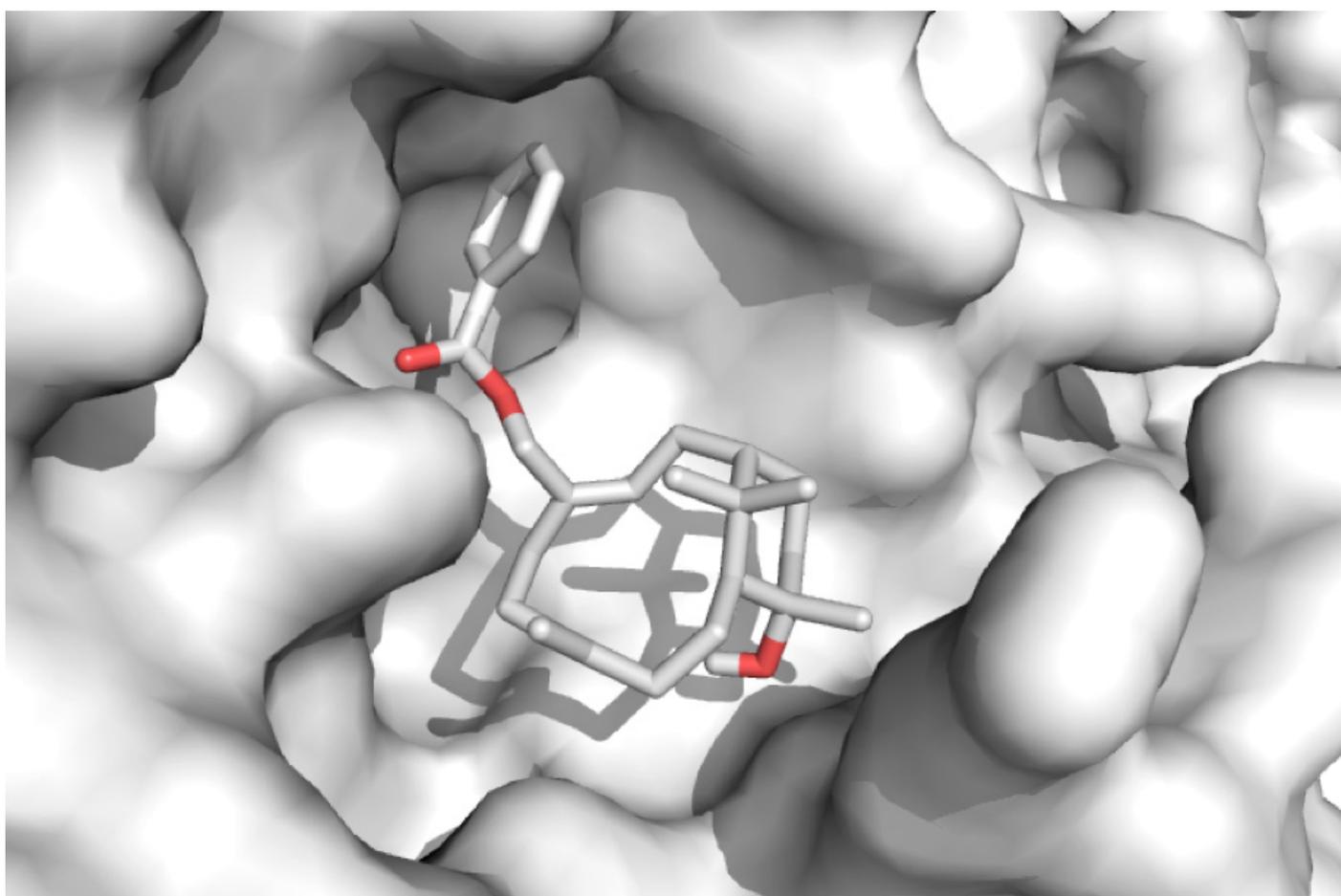
La segunda línea de investigación está dedicada a la obtención de compuestos nuevos que sean capaces de interactuar con una proteína denominada tubulina. Al modificar la función de esta proteína, es posible detener o atenuar la replicación de las células sobre todo las cancerosas. El reto principal es encontrar compuestos que sean selectivos hacia

las células tumorales y que afecten en menor medida a las células sanas para disminuir los efectos secundarios de los medicamentos anticáncer.

### ¿Qué son los agentes antineoplásicos, cuál es el interés de estudiarlos y cuáles han sido sus aportaciones con este tipo de compuestos?

Los agentes antineoplásicos son sustancias que inhiben la replicación de las células malignas, por lo que son fármacos muy útiles en las terapias contra el cáncer. El interés en estudiar este aspecto de los compuestos naturales y sus derivados, radica en la posibilidad de descubrir nuevos agentes antineoplásicos que sean más selectivos hacia las células cancerosas y con menos efectos secundarios. En el laboratorio hemos encontrado algunos compuestos que modifican el fenómeno de replicación celular debido a su interacción con la proteína tubulina a nivel molecular, por lo que son buenos candidatos para continuar con estudios biológicos y farmacológicos más avanzados.

**Sabemos del reconocimiento que se le dará en la próxima Reunión Internacional de Investigación**



**en Productos Naturales por su aportación científica al conocimiento de los productos naturales ¿Algunas palabras al respecto?**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido al logro de este reconocimiento. En primer lugar, a los profesores por su acertada guía y conocimientos transmitidos a lo largo de mis estudios de licenciatura, maestría, doctorado y posdoctorado. La investigación de los productos naturales es una disciplina experimental que requiere de mucho trabajo en equipo, por lo que agradezco de manera especial a mis colegas por su compromiso y gran talento para llevar a cabo las investigaciones de manera magistral. De igual manera, el trabajo de los alumnos y colaboradores es esencial para llevar a buen término los proyectos científicos, por lo que les expreso mi gratitud. Igualmente, quiero agradecer a las instituciones que han apoyado nuestro trabajo financiando las investigaciones, en particular, al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y al Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Agradezco encarecidamente a la Asociación Mexicana de Investigación en Productos Naturales por considerarme para recibir esta distinción, en especial a la Dra. Rosa Elva Norma del Río Torres, Presidente del Comité Organizador y a la Dra. Verónica Mayela Rivas Galindo, Presidente de la Amipronat, A. C. Dedicó este reconocimiento a mis familiares que me han apoyado durante todos estos años para lograr mi desarrollo como investigador.

**Con su amplia experiencia en el área de la química, ¿cómo motivar a los estudiantes a incursionar en esta disciplina científica?**

Considero que es importante que los profesores reconozcan la vocación de los alumnos por las

ciencias, en particular por la química, la cual muchos consideran como una materia difícil. Como esta disciplina científica es fundamental-



mente experimental, es importante fortalecer las prácticas en el laboratorio en donde se muestre la utilidad de la química. Uno de los pilares para motivar a los alumnos a incursionar en las disciplinas científicas, es acercarlos a las fuentes de divulgación, tales como las revistas y los libros dedicados a esta labor. También, en diversas universidades y centros de investigación se ofrecen talleres de ciencias experimentales adecuados para las diferentes edades de los alumnos.

**Agradezco mucho su tiempo por la entrevista ¿Podría agregar algo más, sobre todo que sea de interés para nuestros lectores?**

Muchas gracias a usted por la oportunidad de compartir esta conversación. Para terminar, puedo comentar que el camino para el descubrimiento de nuevos medicamentos y nuevos compuestos con interés industrial, puede ser largo y complejo, pero una vez que se logra, hay numerosos beneficios que perduran por mucho tiempo. En el campo de los productos naturales, México tiene una riqueza invaluable que se está estudiando con mucha dedicación, pero hace falta más apoyo a la investigación en este campo para lograr el cabal aprovechamiento de estos recursos renovables.

## ARTÍCULO

## Los árboles en las ciudades, ¿benéficos o problemáticos?

Guillermo Ibarra-Manríquez y Guadalupe Cornejo-Tenorio



Imagen de Hans en Pixabay

**Guillermo Ibarra-Manríquez.** Investigador del Laboratorio de Ecología y Sistemática Vegetal, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. Michoacán, México.

[gibarra@iies.unam.mx](mailto:gibarra@iies.unam.mx)

**Guadalupe Cornejo-Tenorio.** Técnica Académica del Laboratorio de Ecología y Sistemática Vegetal, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia. Michoacán, México.

[gcornejo@iies.unam.mx](mailto:gcornejo@iies.unam.mx)

Cuando somos niños, los árboles son una parte importante de nuestros juegos: los usamos como postes para la portería en el fútbol, para jugar a las escondidas, para columpiarnos de una rama o trepar a su copa. En esa etapa de nuestra vida, difícilmente sabemos de qué tipo de árbol se trata, aun cuando sea parte de nuestra vida cotidiana. Sin embargo, no solo los niños, sino cualquier persona, con un poco de curiosidad y de observación, se puede dar cuenta de que **existen diversos tipos de árboles en la ciudad** que son posibles de reconocer y distinguir, por ejemplo, una **casuarina** (*Casuarina equisetifolia*) de un **pino** (*Pinus spp.*), una **retama** (*Tecoma stans*) de una **jacaranda** (*Jacaranda mimosifolia*) o un **pirul** (*Schinus*

*molle*) de un **fresno** (*Fraxinus uhdei*). Lo anterior no es una tarea sencilla, pero tampoco imposible, y lo que tenemos que hacer es observar cuánto crecen, cómo es la forma de su copa, cómo son sus hojas, flores, frutos, semillas y hasta los animales que los frecuentan. Además, es necesario usar otros sentidos, ya que por ejemplo, algunas especies pueden ser reconocidas porque sus hojas tienen olores típicos al estrujarlas o por su rugosidad.

Conocer las especies permite asociar, entre otros aspectos, los beneficios que pueden proporcionarnos o saber de dónde son originarios. Tal vez te preguntarás, ¿caso las especies de árboles que veo en mi ciudad no estaban antes ahí? La respuesta depende del árbol que se observe. De hecho, **el que crezca en algún lugar de México no significa que sea necesariamente originario del país.** Es muy común que, en ambientes citadinos o urbanos, tengamos árboles de diferentes países o continentes. Entonces, podemos hacer una distinción entre los nativos o silvestres que son los que crecen de manera natural en los bosques, selvas o matorrales de México, y los exóticos o introducidos que son aquellos que forman parte de la flora de otra región y que, por medio de la intervención humana u otros medios, llegaron a nuestro país, la mayoría de las veces, en forma de semilla. Así que te sorprenderá saber que muchos de los árboles que te rodean no son mexicanos y que son originarios de **Sudamérica** [la jacaranda y la chirimoya (*Annona cherimola*)], de **África** [el framboyán y el tulipán africano (*Spathodea campanulata*)], de **Asia** [la lluvia de oro (*Cassia*

*fistula*) y el **ficus** (*Ficus benjamina*)] o de **Australia** [la casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y los eucaliptos (*Eucalyptus* spp.)]. Pero como siempre hay alguno bien portado, lo adoptamos, tal es el caso del pirul, el cual, aunque es originario de Perú (Sudamérica), se desarrolló tan bien en nuestro país que ahora forma parte de la vegetación natural del centro de México, claro, sin haber desplazado a las especies nativas; en este caso, a este tipo de árboles se les denomina **plantas naturalizadas**.

### Beneficios de los árboles

Los árboles en la ciudad **nos aportan múltiples beneficios**. Uno de los primeros que nos llega a la mente es la **sombra** que proporcionan, sobre todo en días con intenso sol, evitándonos sufrir de una insolación. De hecho, este efecto va más allá de nuestro entorno personal, ya que se ha comprobado que **disminuyen la temperatura del ambiente** en las ciudades, haciendo su clima más benigno. Además de esto, a través del proceso de fotosíntesis **suministran oxígeno y bajan las concentraciones de dióxido de carbono**. Al formar barreras naturales, también **minimizan el ruido** y capturan elementos nocivos que se encuentran en la atmósfera, lo que proporciona un aire más limpio para respirar. Igualmente, permiten una mejor **captación e infiltración del agua de lluvia** al subsuelo, pero ¡Ojo!, eso solo sucede si el suelo debajo de su copa no está compactado y no se quita o barre su hojarasca que, además, sirve para nutrir y conservar el suelo. Paralelamente, hay especies que nos



*Ficus benjamina* (ficus) es una de las especies más abundantes en la ciudad de Morelia, donde es común observar banquetas dañadas por sus raíces y podas de todo tipo. Fotografías: Guillermo Ibarra-Manríquez.



Este árbol es el colorín (*Erythrina americana*), una especie nativa, caducifolia, es decir, que se queda sin hojas durante la temporada seca del año; sus flores son comestibles y atraen a diversos polinizadores. Fotografías: Guadalupe Cornejo-Tenorio.

deleitan la vista y el gusto con sus flores y sus frutos comestibles, a la vez que **proveen de refugio y alimento a diversos animales**. También tienen un valor emblemático, como es el caso del famoso árbol del Tule o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), en el estado de Oaxaca. Se calcula que tiene una edad de más de dos mil años y su tronco es tan grueso que se requieren al menos 30 personas con sus manos entrelazadas para rodearlo. No por nada, el ahuehuete es el árbol nacional de México. Asimismo, los árboles aportan un **goce espiritual** al verlos, tocarlos o simplemente al estar cerca de ellos, un beneficio altamente apreciado en el ámbito estresante de las ciudades, lo que nos permite recuperar actitudes positivas, como la paz, la tolerancia y la felicidad.

#### La otra cara de la moneda: ¿Existen árboles problemáticos en la ciudad?

En este momento **la respuesta es que sí**. La realidad es que algunas especies, como los ficus, las jacarandas, los fresnos y otros árboles, pueden alcanzar alturas que afectan las conexiones telefónicas, de luz o el alumbrado público. Es común observar que las raíces de algunos árboles, sobre todo en espacios reducidos, como banquetas o rampas, son

levantadas; estos daños pueden llegar a afectar los cimientos de las construcciones, o las instalaciones subterráneas de drenaje o agua. Y, ¿cuál ha sido la solución a estos problemas? Una poda tan drástica, que además de ser estéticamente inaceptable, a la larga debilita o causa la muerte del árbol. En algunos espacios o vialidades, la caída de hojarasca, flores o frutos, puede llegar a tapar las coladeras y también pueden ser la causa de que alguien sufra alguna caída, o simplemente, ser desagradable a la vista, ya que se considera basura, pero ¿Qué crees? La hojarasca es muy valiosa, ya que protege al suelo de la erosión y, cuando se desintegra, provee de importantes nutrientes al árbol.

Sin embargo, los problemas que en ocasiones causan los árboles pueden solucionarse si antes de plantarlos nos hacemos algunas preguntas: ¿Elegimos la especie correcta para el uso que deseamos darle?, ¿sabemos cuánto va a crecer o si el espacio del que se dispone será adecuado para cuando sea adulto?, ¿es caducifolio? Si consideramos estas cuestiones, no deberíamos tener árboles que causen problemas en un futuro. Como en muchos aspectos de nuestra vida, **el mayor problema es que carecemos de información** para tomar una decisión correcta y aprender de las malas decisiones del

pasado. Así que, si deseamos plantar un arbolito, es importante contar previamente con la mayor información posible.

### ¿Árboles nativos o exóticos?

En distintos foros de comunicación, es frecuente que se abogue por el uso de especies nativas para las plantaciones urbanas, ya que elegir las tiene varias ventajas, por ejemplo, **requieren de un menor mantenimiento para su desarrollo**, ya que están adaptados a las condiciones climáticas y a los tipos de suelos locales, son más resistentes a las plagas y facilitan la conservación de la fauna silvestre. Por el contrario, los **árboles exóticos**, en general, **requieren de más cuidados** y, en varios casos, algunas especies son clones de un mismo árbol, lo que los hace más susceptibles a plagas y enfermedades, pero lo más grave, es que pueden desplazar a las especies de plantas nativas o afectar de muchas maneras a la fauna.

Entonces, ¿por qué elegimos árboles exóticos? Es una buena pregunta, y una de las posibles respuestas es que son usadas por el ser humano, ya sea por sus vistosas flores, por ser árboles que renuevan sus hojas paulatinamente por lo que siempre dan sombra, por su plasticidad genética para formar híbridos y cultivares, por su rápido crecimiento o bien, por su disponibilidad en el mercado. Pero, ¿debemos o no plantarlos? Claro que es posible hacerlo, pero es importante **usar diferentes especies**, de preferencia no solo exóticas y **evitar el uso excesivo de unas pocas especies**. Un ejemplo muy conocido son las plantaciones de eucaliptos y casuarinas en México que se introdujeron en todo el país hace décadas, bajo el pretexto de ser de rápido crecimiento y otros supuestos beneficios; sin embargo, ahora nos damos cuenta de los múltiples problemas que han ocasionado.

### La elección depende de ti

Ahora que sabemos un poco más sobre los árboles, ya sean nativos o exóticos, la elección de plantar uno dependerá de qué beneficios buscamos y del espacio que disponemos. Es importante considerar que no basta con plantar uno o muchos arbolitos bajo la idea de que no se requiere dar seguimiento a su desarrollo en el sitio. Así que, si queremos tener árboles fuertes, saludables y, además, bonitos, **tenemos que involucrarnos en su cuidado**. Por ejemplo, debemos realizar varias tareas como regarlos en la temporada seca, eliminar o controlar el ataque de plagas, podar correctamente ramas muertas o indeseables (no más allá del 15 % de su copa), remover el suelo donde crecen para evitar la compactación del suelo y que pueda penetrar el agua y el aire a las raíces, así como incorporar materia orgánica (sus propias hojas son excelentes).

Finalmente, **es importante promover una cultura hacia el cuidado y respeto de los árboles**. Sería deseable que diversos sectores de la sociedad, ya sea a nivel de individuo, familia, escuela o instituciones gubernamentales, lleváramos a cabo la adopción de uno o varios árboles, de esta forma aseguraríamos su buen desarrollo y mantenimiento.



Mejía, S. y Neyra, L. (2020). Reforestación. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/reforestacion>

Morales-Chávez, R. y Gómez-Tagle Chávez, A. (2019). Interceptación y captación de agua por la vegetación. *Saber Más*, 8(45), 40-43. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/389-numero-45/728-intercepta->

[cion-y-captacion-de-agua-por-la-vegetacion.html](https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/389-numero-45/728-intercepta-cion-y-captacion-de-agua-por-la-vegetacion.html)

Ramos-Palacios, C.R. (2019). *Guía del arbolado y otras formas vegetales en situación de banqueta*. Ciudad de San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental, San Luis Potosí, S.L.P., 347 p. [https://ambiental.uaslp.mx/storage/imagenes/introduccion/Guiadelarbolado\\_y\\_otrasformasvegetales.pdf](https://ambiental.uaslp.mx/storage/imagenes/introduccion/Guiadelarbolado_y_otrasformasvegetales.pdf)

## ARTÍCULO

## Fenómenos naturales en políticas públicas, ¿para qué?

Lucía García-Equihua y Hugo Amador Herrera-Torres



Imagen de Diana Rebolledo Castro en Pixabay

**Lucía García-Equihua.** Estudiante del Doctorado en Políticas Públicas, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[lucia.garcia@umich.mx](mailto:lucia.garcia@umich.mx)

**Hugo Amador Herrera-Torres.** Profesor-Investigador de TC, Facultad de Economía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[hugo.herrera@umich.mx](mailto:hugo.herrera@umich.mx)

**E**l ser humano, a pesar de las terribles lecciones que la naturaleza le ha enseñado por medio de sismos, inundaciones, deslizamientos, huracanes, volcanes, pandemias, incendios forestales, hundimientos, lluvias, sequías y más, no parece impulsado a disminuir el peligro, aun cuando la naturaleza nos sigue demostrando, y con gran fuerza, su poderío de destrucción.

El tema de los desastres, surgidos durante el desarrollo de un fenómeno natural, ha incrementado su fuerza en el debate público debido a que

han ocurrido fenómenos físico-naturales intensos que han afectado a poblaciones e infraestructura en mayor medida a como históricamente se habían producido. **El cambio climático y las acciones del ser humano son factores en casos de desastres.**

Este debate ya es prioritario a nivel internacional y la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) con la elaboración del instrumento Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, manifiesta la **necesidad del fortalecimiento en la gobernanza del riesgo de desastres** para gestionarlos.

### Datos que impresionan

En México, los daños y pérdidas en 2015 fueron de más de 17 millones de pesos, lo cual es bastante; pero con respecto a 2014, significó una gran disminución que se mantuvo por algún tiempo. Al contrario, considerando afectaciones desde el año 2000, el 2020 obtuvo una mayor cifra de pérdidas con más de 32 millones de pesos solo ese año, lo que refleja un gran incremento con respecto a 2019

que fue un poco más de 10 millones de pesos. Por supuesto, los fenómenos naturales que se llevan el **primer lugar por mayor porcentaje en desastres son los hidrometeorológicos**, o sea, lluvias fuertes, ciclones, inundaciones y lo derivado de ellos. En este sentido, si un solo tipo de fenómeno causa la mayoría de las pérdidas, no podemos imaginar qué sucedería si los demás se presentaran con mayor fuerza debido al avance del **deterioro a causa del cambio climático**. En el tema de los desastres, los **gobiernos municipales** son la institución más importante, incluso la normativa establece que son las **principales instancias que darán respuesta** ante fenómenos naturales que afecten a la población, resulten extraordinarios o no.

### La importancia de la política pública en la gestión de riesgos por desastres naturales

Entonces, si a través de la historia humana reconocemos los riesgos a los que nos enfrentamos con cada fenómeno natural, ¿por qué se deben realizar políticas públicas para la gestión de riesgos por fenómenos naturales?



<https://pixabay.com/es/photos/hurac%C3%A1n-devastaci%C3%B3n-destrucci%C3%B3n-2019494/>



<https://pixabay.com/es/photos/terremoto-escombros-colapso-1665879/>

En principio, enfrentar cualquier fenómeno natural que perturbe la vida cotidiana no es tarea sencilla, empezando porque su atención no depende de una o de un grupo específico de personas. Ahora se sabe que, ya sea desde el plano mundial, nacional, regional, municipal, local, familiar o personal, es importante que sea **atendido desde diferentes perspectivas** o áreas para que mediante distintos enfoques se estudie de forma más completa. En este sentido, se requieren personas de **conocimientos afines al tipo de fenómeno** que se presenta y, asimismo, a los daños que ocasiona; pero eso no es todo, además, hay que **planear la estrategia** que se buscará implementar para lograr su prevención o mitigación, y **es aquí donde se involucran las políticas públicas y la sociedad**, más aún, después del conocimiento que genera cada tipo de afectación desde su aparición hasta los resultados que la misma arroje; la política pública buscará mediante acciones de prevención, apoyo, solución y mitigación, **atender a la población afectada**.

Por lo tanto, «el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la prevención, mitigación, preparación, respuesta, recuperación y rehabilitación es necesario y fomenta la colaboración y las alianzas entre mecanismos e institucio-

nes en la aplicación de los instrumentos pertinentes para la reducción del riesgo de desastres y el desarrollo sostenible», así lo ratifica la UNISDR desde 2015.

Debido a lo anterior, es necesario que la normatividad que interviene en la prevención del desastre ante fenómenos naturales, esté creada con base en la **identificación del lugar**, describiendo sus formas, tipo de suelo, colinas, llanos, ríos, etc., por una parte, y por otra, el **tipo de fenómenos** y sus afectaciones al territorio, tomando en cuenta a la población (quién comúnmente sabe todo detalle de lo que le afecta) para así desarrollar políticas que sustenten el posible origen de la vulnerabilidad, confirmando la importancia para que estas sean creadas de acuerdo a las características del lugar y así prevenir eficientemente desastres y daños por medio de la administración y política pública municipal en primera fila y, en adelante, estatal y nacional. Al final de cuentas, será al municipio a quien pediremos intervenga para «solucionar» un daño o desastre.

Las leyes nacionales han sido utilizadas para los estados y municipios; ahora bien, es a veces tarea imposible aplicarlo en la prevención porque **cada lugar es afectado de manera distinta**, aun

siendo el mismo fenómeno natural. Por eso, es tan importante la política pública en los desastres naturales; el proceso de creación de dichas políticas, nos lleva a buscar hasta las raíces del problema y a afrontarlo de distintas formas, pero debe realizarse desde el sitio para darle certeza y realidad, lo que permitirá que la población pueda disminuir los riesgos que la amenazan.

### ¿Quién está en riesgo?

El riesgo depende de las condiciones específicas de cada sitio, tanto por las diferencias con que se manifiestan los fenómenos de uno a otro lugar, como por las distintas características de vulnerabilidad de las construcciones, de la infraestructura y del territorio, por otra parte, «los métodos para el diagnóstico de riesgos y para su representación, son propios de cada fenómeno y de la aplicación que se le quiera dar al diagnóstico», según lo señala el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), desde 2001.

En cada región existen sistemas que se exponen a los riesgos, por ejemplo, población, viviendas, escuelas, hospitales, infraestructura pública y privada, presas, zonas de reserva natural, etc., es decir, **todos estamos en riesgo frente a un fenó-**

**meno natural.** La fuente principal de consulta pública actual sobre estos sistemas y los estudios de los fenómenos naturales que se han realizado en cada municipio, debe encontrarse en cada atlas de riesgo municipal; sin embargo, en Michoacán, de sus 113 municipios, solo 28 cuentan con él. Para ejemplificar, en la región oriente (Zitácuaro), la mayoría de sus atlas fueron elaborados en 2012, principalmente con información recopilada de eventos sucedidos y de datos muy generales del territorio. Algunos de estos datos ya son antiguos, por lo que necesitan de constante actualización y medición, puesto que los atlas son continuamente presentados; asimismo, nuevos eventos de mayor intensidad, así como la elaboración y aplicación de políticas públicas, apoyan estas publicaciones.

Así, la gestión de riesgos naturales se ha abierto paso lentamente en el país, trabaja como un ente **independiente de las actividades políticas y sociales**, lo que permite que forme parte esencial de la transición de lo que define al desastre y de lo que representa la prevención. Finalmente, se necesita de la política pública para realizar ese enlace y lograr prevenir o mitigar esos riesgos, así como de la participación de la sociedad para la identificación y elaboración de ellas.



Atlas Nacional de Riesgos. <http://www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/>

Centro Nacional de Prevención de Desastres. <http://www.gob.mx/cenapred>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres. 2015-2030. [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)

# ARTÍCULO

## Hongos endófitos

Sandra Estefanía García-Rueda y Yazmín Carreón-Abud



[https://pixabay.com/es/photos/search/plantas%20suelo/?manual\\_search=1&pagi=3](https://pixabay.com/es/photos/search/plantas%20suelo/?manual_search=1&pagi=3)

**Sandra Estefanía García-Rueda.** Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Opción Conservación y Manejo de Recursos Naturales, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[1160072g@umich.mx](mailto:1160072g@umich.mx)

**Yazmín Carreón-Abud.** Profesora-Investigadora del Laboratorio de Genética y Microbiología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[yazmin.carreon@umich.mx](mailto:yazmin.carreon@umich.mx)

**E**n el suelo de todos los ecosistemas naturales agrícolas, hortícolas y forestales, existe un gran número de organismos microscópicos que solo pueden ser vistos por el ojo humano con la ayuda de una herramienta: el microscopio, de allí el nombre de microorganismos, dentro de los cuales podemos mencionar a las bacterias, los virus y los hongos, siendo estos últimos en los que nos enfocaremos en este artículo. **Los hongos** se caracterizan por tener células con núcleo, es decir, **son organismos eucariontes** que además se constituyen por filamentos o «hilos» microscópicos conocidos como hifas, las cuales pueden formar ramificaciones al crecer. Otra de sus características es su pecu-

liar forma de alimentarse, ya que necesitan **degradar su alimento** en pequeñas moléculas **antes de absorberlas**.

Aunque muchos hongos se consideran patógenos por causar enfermedades a las plantas, existen otros que les brindan ventajas extraordinarias y otros más de los que aún falta mucho por conocer. Entre estos últimos se encuentran los denominados **hongos endófitos**, los cuales **habitan en los tejidos de las plantas sin causar daños** evidentes; sin embargo, se sabe que tienen una alta capacidad de producir compuestos bioactivos que **ayudan a las plantas a defenderse de otros organismos patógenos**, o bien le ayudan a mejorar sus procesos de desarrollo y sanidad. Esta relación tan estrecha entre hongo endófito y planta hospedera, permite en muchos casos una mejor adaptación al medio o sobrevivencia para ambos involucrados.

La palabra «**endófito**» significa '**dentro de la planta**', y aunque hace muchos años era un término utilizado para cualquier organismo que viviera en el interior de las plantas, en 1995 Wilson lo acotó para que fuera utilizado únicamente para referirse a microorganismos (bacterias y hongos). Sin embargo, resulta importante mencionar que en la actualidad, los hongos, a diferencia de las bacterias, son los microorganismos que se han aislado con mayor frecuencia como endófitos. Te preguntarán entonces,

**¿existen hongos endófitos en todas las plantas? ¡Así es!** Estos microorganismos se han encontrado en pastos, musgos y plantas vasculares; también en todos los ecosistemas, en los trópicos y en los campos agrícolas, es decir, en todo el planeta Tierra.

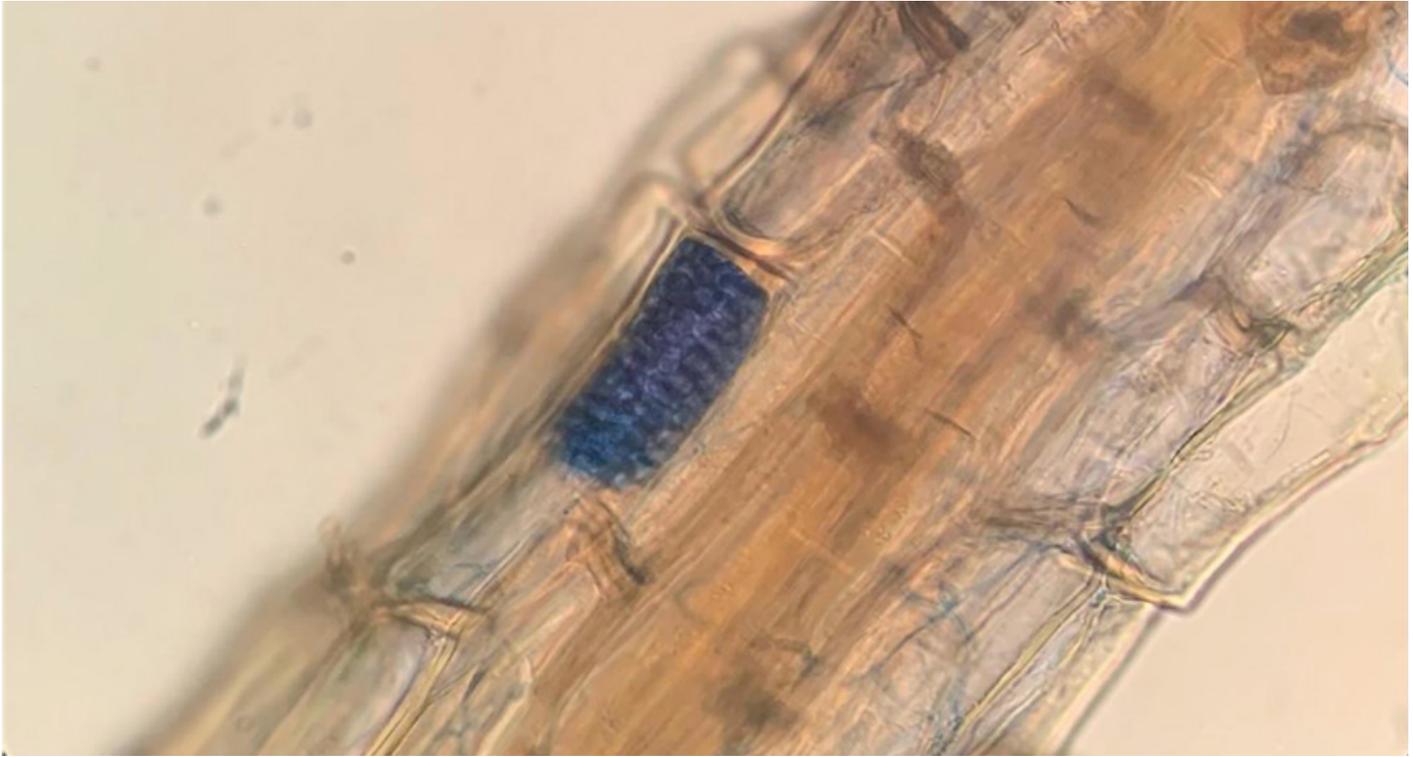
La clasificación de los hongos endófitos es muy diversa, siendo la **división Ascomicota** al que pertenece la mayoría; otra clasificación basada en su historia de vida y en sus funciones en los ecosistemas, los divide en **Clavicipitáceos** y **no Clavicipitáceos**.

Por otro lado, la agricultura siempre se ha enfrentado a condiciones desfavorables provocadas por cuestiones bióticas y/o abióticas, siendo el uso de productos sintéticos como fertilizantes, fungicidas o plaguicidas las herramientas más comunes para contrarrestarlos. Desafortunadamente, este tipo de prácticas dejan de lado los efectos negativos que ejercen sobre la vida microbiana que se lleva a cabo de manera natural en el suelo. Además, a gran escala, el uso de fertilizantes minerales de base sintética, trae consigo otros problemas como la contaminación de aguas subterráneas o el desgaste del recurso suelo, lo que a su vez trae un desequilibrio ecosistémico que afecta a todos los niveles tróficos.

En el mundo actual ha incrementado la **demandas de alimentos «limpios»** conocidos como orgánicos, libres de productos químicos. La búsqueda



Hongo endófito *Mortierella alpina* en Agar Dextrosa Papa (PDA) (izquierda) y características microscópicas del hongo endófito *Phialocephala fortinii* (derecha) aislados de la rizósfera de Arándano (*Vaccinium corymbosum*). Fotografía: Sandra Estefanía García-Rueda.



Estructuras de hongo endófito observadas dentro de las células de raíz de arándano (*Vaccinium corymbosum*) Var. Biloxi.  
Fotografía: Sandra Estefanía García-Rueda.

da de productos comestibles que no representen un riesgo para los consumidores, es uno de los **principales incentivos de las recientes investigaciones científicas**, las cuales se dirigen hacia la búsqueda de alternativas agrícolas sustentables que reduzcan los impactos negativos del uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura. Es aquí donde resalta la **importancia del uso de productos biológicos** basados en la utilización de **microorganismos eficientes** para mejorar el crecimiento de las plantas e incrementar la producción de los cultivos.

Es por lo anterior que la interacción entre hongos y plantas es de vital importancia, sobre todo cuando se trata de hongos «bondadosos» como, por ejemplo, algunos hongos endófitos que, al asociarse con las plantas, logran provocar en ellas efectos benéficos para su crecimiento. Estos beneficios se llevan a cabo gracias a la amplia gama de mecanismos de acción que pueden desencadenar, tales como la **producción de metabolitos**, la participación en la **competencia por fuentes de carbono, nitrógeno y minerales**, la inducción de **resistencia a patógenos**, entre muchos otros. Los resultados de estos mecanismos se traducen en un mejor desarrollo de las plantas, ya sea en un aumento de su área foliar, altura, sobrevivencia, o bien en un mejor crecimiento de sus raíces encargadas del sostén y de la absorción de nutrientes. Dichas característi-

cas resultan de gran importancia para los productores, sobre todo cuando se trata de cultivos con gran rendimiento económico o con posibilidades de exportación.

La funcionalidad de los hongos endófitos se ha descubierto con el tiempo, gracias a experimentos de aislamiento, identificación y prueba en plantas de interés agrícola. Por su parte, el uso de plantas modelo como *Arabidopsis thaliana*, ha permitido estudiar el comportamiento de los hongos endófitos e identificar la respuesta hormonal o de defensa que se desencadenan en las plantas.

Los aportes reportados de estas interacciones van desde **beneficios directos** como la adquisición de nutrientes o la producción de fitohormonas, hasta **beneficios indirectos** como la activación de resistencia sistémica y la producción de metabolitos secundarios, lo que conduce a la protección de factores como la presencia de patógenos, herbívoros y nematodos, o bien a mejorar la adaptación cuando las plantas se desarrollan en sitios adversos donde factores como la salinidad, la temperatura o la presencia de contaminantes, como metales pesados, pueden comprometer su crecimiento. A pesar de lo bondadosos que pueden ser este tipo de hongos, es **muy fácil que las interacciones se conviertan en patógenas**, pues factores como temperatura, humedad, acidez del suelo, entre otras, pueden rom-



Hongo endófito aislado de la rizósfera de arándano (*Vaccinium corymbosum*) en interacción con *Arabidopsis thaliana* utilizada como planta modelo. Fotografía: Sandra Estefanía García-Rueda.

per el equilibrio de la interacción planta-hongo. Por lo tanto, el análisis del comportamiento de estos organismos debe extenderse para entender y mejorar el manejo de la relación.

Es así como **los hongos endófitos representan un insumo microbiológico prometedor para la agricultura moderna**. La posibilidad de aislar estos hongos, conocer su identidad y su manera

de relacionarse con las plantas de interés agrícola, hace factible su uso como fertilizantes biológicos. A su vez, el uso de este tipo de productos en el cultivo de la tierra, puede llegar a ser un factor determinante e indispensable para lograr el equilibrio de los ecosistemas, acercándose a una producción sostenible de alimentos.

La dirección de la ciencia hacia la sustentabilidad, implica generar conocimiento que no se base únicamente en la productividad agrícola en términos cuantitativos,

sino en aquellos cualitativos que también permitan satisfacer las necesidades del mundo actual. Esto **no significa dejar atrás los avances tecnológicos** que han permitido una rentabilidad inmediata de los cultivos en la agricultura; significa más bien, la **integración de nuevas prácticas** que maximicen el uso de los recursos biológicos antes de tomar de primera mano a los sintéticos.

Aunque pareciera un panorama difícil, es posible unir los componentes económicos, sociales, ecológicos, culturales y científicos para reducir un poco la huella ecológica que nos viene aquejando desde los últimos años.



Pérez, F.M. (2021). La moringa y sus hongos endófitos: Una alternativa para el biocontrol de plagas y enfermedades agrícolas. *TecnoVita*, 3(5), 1-5. <https://tecnovitaca.com/wp-content/uploads/2021/10/Articulo-Marcela-Final.pdf>.

Peteira, B., Arévalo, J., Ynfante, D. y Martínez, B. (2021). Los hongos endófitos y sus aplicaciones potenciales en

la agricultura. *Revista de Protección Vegetal*, 36(3), 1-20. <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/1167>.

Rigobelo, E. y Baron, N. (2021). Endophytic fungi: A tool for plant growth promotion and sustainable agriculture. *Mycology*, 13(1). 39-55. <https://doi.org/10.1080/21501203.2021.1945699>.

## ARTÍCULO

## Tecnologías disruptivas para comprender al turista

Ángel Díaz-Pacheco y Ramón Aranda



**Ángel Díaz-Pacheco.** Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Guanajuato, México.  
[diazpacheco@cicese.edu.mx](mailto:diazpacheco@cicese.edu.mx)

**Ramón Aranda.** Centro de Investigación en Matemáticas, Sede Mérida, Yucatán México.  
[aranda@cicese.edu.mx](mailto:aranda@cicese.edu.mx)

Por su potencial económico, el turismo es una industria de gran importancia, por lo que se han realizado grandes esfuerzos para comprender mejor al actor central de este sector: el turista. En la investigación turística, existe un concepto de gran interés denominado **imagen del destino en el turismo**, el cual hace referencia a las **impresiones e ideas que tenemos de un lugar**, independientemente de si lo hemos visitado o si apenas lo vamos a visitar. La imagen del destino turístico la creamos en nuestra mente utilizando la información que tenemos a partir de visitas previas o de lo que leemos en revistas, vemos en la tv, hablando

con amigos y, más recientemente, de lo que vemos en internet.

Dado su gran potencial para predecir o entender mejor el comportamiento del turista, la imagen del destino ha sido por muchos años investigada de diversas formas. Con el surgimiento de nuevos paradigmas, como las redes sociales, los **métodos basados en las nuevas tecnologías han desplazado a las encuestas**. En este artículo te contamos cómo las tecnologías disruptivas han sido empleadas para comprender mejor al turista y mejorar la experiencia de tus próximas vacaciones.

### El turismo en la actualidad

De acuerdo con un informe de la Organización Mundial del Turismo, en 2019 este sector logró generar ingresos cercanos a los 1.5 billones de dólares, a la vez que fue la tercera exportación más importante del mundo. Particularmente México, en ese mismo año, se colocó en el puesto 17 de los países más visitados, generando ingresos por 11 mil millones de dólares. A partir de estas cifras podemos comprender su importancia y también las causas detrás de los esfuerzos empleados para realizar investigación y desarrollo en esta área.

Durante mucho tiempo, las encuestas fueron el principal método para obtener la retroalimentación necesaria para el diseño de estrategias publicitarias y para la toma de decisiones de las or-

ganizaciones encargadas de la administración del turismo; sin embargo, **las nuevas tecnologías han propiciado un cambio sustancial en la forma en la que se investiga**. El internet y las redes sociales forman parte de nuestro día a día y los utilizamos para planear nuestras vacaciones, determinar las rutas de nuestro viaje, reservar alojamientos y, principalmente, compartir nuestra experiencia.

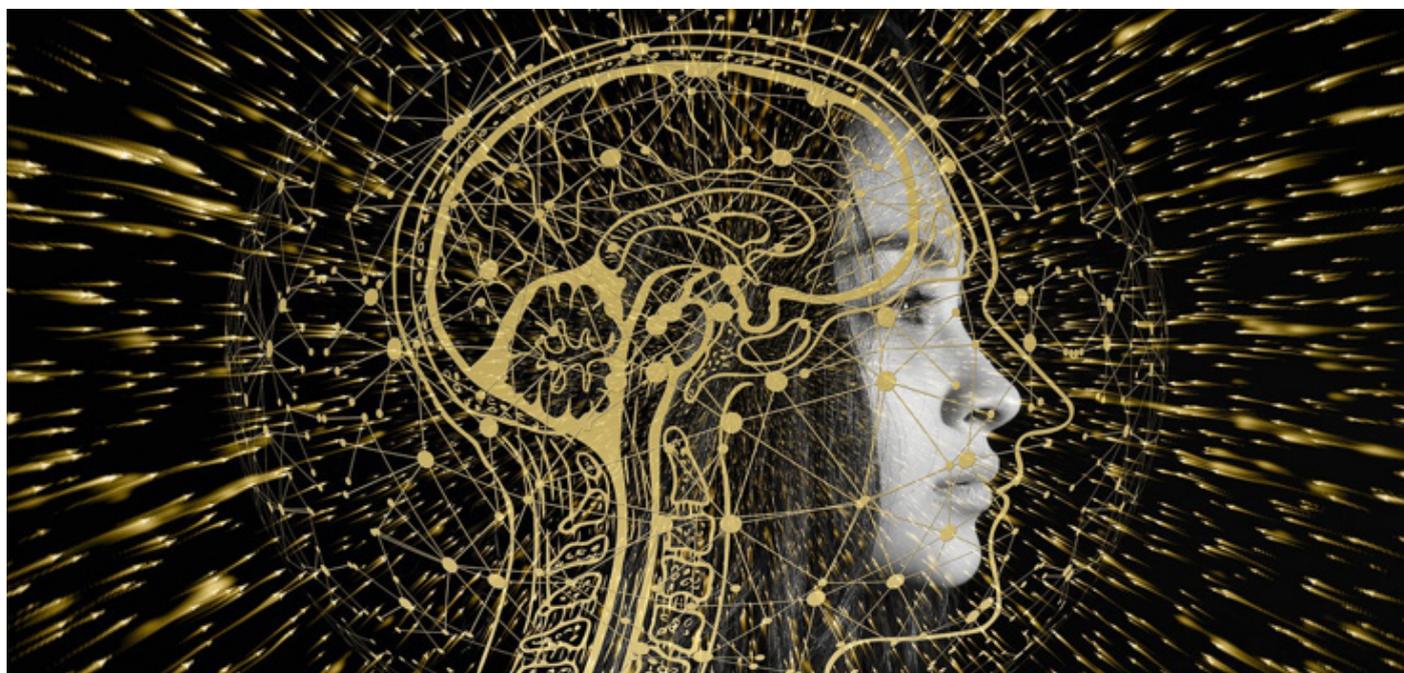
Todas **nuestras actividades en línea generan colecciones masivas de datos**, los cuales son tierra fértil para cosechar información estratégica. Pese a esto, la obtención de esta información no es una labor trivial, por esta razón, los métodos con los cuales investigamos el turismo han cambiado.

### ¿Qué es la imagen de destino en el turismo?

La imagen de destino en el turismo (IDT) es la **impresión total del destino turístico que existe en la mente de los turistas**. En un sentido amplio se relaciona con las ideas, las impresiones y las creencias que una persona y/o un grupo comparte acerca de un lugar basándose en información a largo plazo, obtenida de varias fuentes que pueden llevar a desarrollar una imagen «positiva» o «negativa».

De acuerdo con varios estudios, el proceso de formación de la imagen se da en tres niveles. El primer nivel se conoce como **imagen orgánica** y se refiere a las ideas que una persona tiene sobre un lugar en particular; la información a partir de la





cual se construye, puede ser obtenida de diversas fuentes, por ejemplo, en conversaciones o en la televisión. El segundo nivel, denominado *imagen inducida*, se construye con información recibida y procesada por la industria del turismo, como folletos y anuncios creados por las Organizaciones de Manejo de Destino (DMO, por sus siglas en inglés). El tercer nivel o *imagen modificada-inducida*, se refiere a la reconfiguración mental de la IDT derivada de la experiencia al visitar el lugar. Algunas investigaciones señalan que la elección de un destino está fuertemente influenciada por una imagen de destino positiva y bien definida.

### Tecnologías disruptivas en el turismo

Estudios recientes en turismo han incorporado el uso de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial y el *Big Data* para hacer frente a los retos del análisis de cantidades masivas de información.

De acuerdo con la Real Academia Española (RAE), la **inteligencia artificial** es la «disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico». Por otro lado, el **Big Data** es un paradigma que abarca tecnologías de hardware y software para poder realizar el análisis de conjuntos de datos enormes. Usualmente se le conoce por tres características básicas: volumen (cantidad de datos), velocidad (rapidez con la que se generan) y variedad (diferentes formatos en los que se encuentra la información).

Hay cuatro formas en las que se han utilizado ambas tecnologías en el turismo: 1) Permiten a las empresas pronosticar la demanda; 2) Aumentan la capacidad de las empresas para producir bienes y servicios a un menor costo y mayor calidad; 3) Promueven ofertas al precio correcto con el mensaje adecuado a los clientes objetivo; y 4) Permiten proporcionar experiencias ricas, convenientes y personales al usuario. Además, una amplia gama de sistemas informáticos han sido desarrollados para brindar soporte a la industria turística. Algunos ejemplos interesantes son los sistemas de recomendación, sistemas sensibles al contexto, *Web Scraping* (agentes inteligentes que buscan y minan los contenidos Web), ambientes inteligentes y ambientes de realidad aumentada.

Estos sistemas enfocados en los turistas tienen tres funciones principales: 1) Anticipan las necesidades de los viajeros y ofrecen recomendaciones personalizadas; 2) Mejoran las experiencias de los turistas en el sitio, ofreciendo información oportuna sobre lugares y atracciones; y 3) Sugieren al viajero que comparta sus experiencias con otras personas en las redes sociales para poder contribuir a difundir el destino turístico. Con respecto a la imagen del destino, mucha de la investigación existente ha hecho uso de técnicas relacionadas con el área del **Procesamiento del Lenguaje Natural** (PLN). El Instituto de Ingeniería del Conocimiento de la Universidad Autónoma Metropolitana, define el PLN como «un conjunto de técnicas que permite extraer información automáticamente a partir del análisis de textos».

En un estudio llevado a cabo en Hong Kong, un grupo de investigadores recopiló todas las publicaciones de un foro de viajes de turistas que fueron a esa ciudad. Utilizando algoritmos de PLN, clasificaron los comentarios de acuerdo con varias categorías: atracciones, actividades, ambiente, gastronomía, etc. Una vez clasificados los comentarios, analizaron su polaridad, es decir, si el comentario expresaba una opinión positiva, negativa o neutra. Con esta información fue posible identificar qué aspectos de la imagen de Hong Kong eran preferidos por los turistas y cuáles necesitaban ser atendidos para mejorar.

Otro estudio muy interesante se centró en analizar cuáles eran las frases y palabras que más utilizamos para referirnos a varios destinos turísticos importantes, como París y Londres. Analizando las tendencias de búsqueda en Google, los investigadores pudieron descubrir, con base en algoritmos de agrupamiento (hacen grupos de elementos similares), qué destinos eran más parecidos a partir de nuestras expresiones para referirnos a ellos, así como qué adjetivos han sido más utilizados para describir cada lugar.

Actualmente, nuestro grupo de investigación (en el CICESE-UT3) está buscando formas ingeniosas de **utilizar el aprendizaje profundo** para poder evaluar las diferencias entre el contenido proyectado por las DMOs (la publicidad del desti-

no) y las fotos de turistas publicadas en las redes sociales. La compañía de computadoras HP, define al aprendizaje profundo como «un subgrupo de las técnicas de la inteligencia artificial que crea modelos más complejos para imitar el modo en que los humanos aprenden la información nueva». En turismo, es comúnmente utilizado **para identificar los elementos (cosas, lugares, personas) que aparecen en una foto.**

Con base en las diferencias entre las fotos de publicidad y las de turistas, podremos comprender **qué tan efectivas son las campañas de promoción** de las DMOs o si surgen nuevas tendencias en las que no habían pensado, como el turismo de cementerios durante octubre y noviembre.

Las nuevas tecnologías son impresionantes, pero más importante aún es tu opinión. La próxima vez que viajes no te olvides de tomar fotos y **compartir tu experiencia**; pública en tus redes sociales lo que te gustó y lo que no te gustó, ya que eso es muy importante para que los destinos mejoren y que

la próxima vez que viajes, tu experiencia sea inolvidable.



Brunet, R. (2017). ¿Qué es el deep learning? *MuyInteresante.es*. <https://www.muyinteresante.es/tecnologia/preguntas-respuestas/que-es-el-deep-learning-701487764900>

SECTUR. (2021). Compendio Estadístico del Turismo en México 2020. *Datatur-Compendio Estadístico*. <https://datatur.sectur.gob.mx/SitePages/CompendioEstadistico.aspx>

tatur.sectur.gob.mx/SitePages/CompendioEstadistico.aspx

UNWTO. (2021). *Panorama del turismo internacional* (edición 2020), World Tourism Organization (UNWTO). <https://doi.org/10.18111/9789284422746>

# ARTÍCULO

## Zombis, ¿mito o realidad?

María Carmen Bartolomé-Camacho y Agustín Sánchez-Andrés

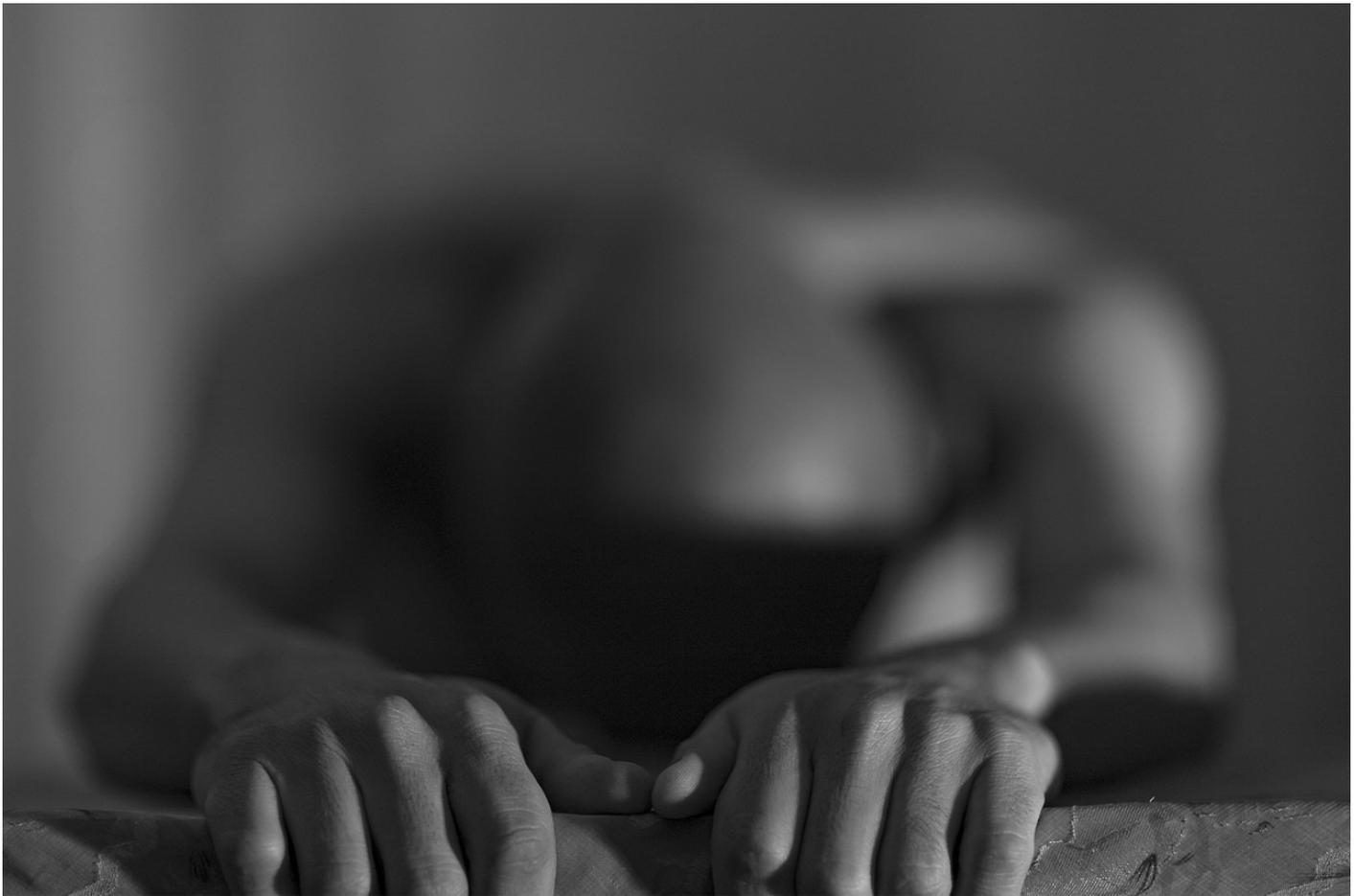


Imagen de mostafa meraji en Pixabay

**María Carmen Bartolomé-Camacho.** Profesor-Investigador, Laboratorio de Toxicología Ambiental, Facultad de Químico-Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[carmen.bartolome@umich.mx](mailto:carmen.bartolome@umich.mx)

**Agustín Sánchez-Andrés.** Profesor-Investigador, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[tzintzun.publicaciones@umich.mx](mailto:tzintzun.publicaciones@umich.mx)

El mito de los zombis se ha ido esclareciendo con el paso del tiempo, gracias a estudios científicos que han identificado las raíces del mito en una neurotoxina: **la tetradotoxina** y un alcaloide tropánico: **la escopolamina**. En pleno siglo XXI, las nuevas drogas sintéticas también han llevado a la creación de zombis por medio de sustancias estimulantes similares a la catinona (*flakka*), opioides sintéticos similares a la morfina (*krokodil*) y cannabinoides sintéticos (*spice*, *AK-47*). El mito zombi se ha hecho realidad.

### Zombis en la ciencia ficción

En la literatura de ficción y en películas como *El retorno de los muertos vivientes* o la serie *The walking dead*, encontramos la descripción de seres humanos que vagan con movimientos torpes o muy agitados. Su lenguaje no es claro, parecen no tener conciencia de lo que hacen, e incluso pueden llegar a comportarse como criaturas sedientas de sangre. Estas «personas» son los llamados **zombis** y su comportamiento ha sido **atribuido a magia, infecciones, radiación u otros fenómenos**. El cine de zombis surgió en los años 1930 como reflejo del folclore y de las leyendas haitianas asociadas a la magia negra y el vudú (el vudú es una religión local, un sincretismo de religiones africanas y catolicismo similar al candomblé y la santería cubana). Dicho folclore llegó al público estadounidense de la mano de William Buehler Seabrook, quien en su libro *The Magic Island*, relató sus experiencias en Haití. Por tanto, el comienzo del mito surge en ese Haití de los siglos XVII y XVIII, cuando los esclavos africanos eran llevados allí para trabajar hasta su muerte en las plantaciones de azúcar. Las leyendas cuentan que en esas plantaciones, una **poción misteriosa** era utilizada por hechiceros vudú para poner a las

personas en un **estado similar a la muerte para luego revivirlas**, pero ya sin voluntad.

### Los zombis ya no son solo ficción

Nathan Kline, pionero en el tratamiento de enfermedades mentales como la esquizofrenia y la depresión, siempre estuvo convencido de la existencia y del potencial que esta poción tenía. En este sentido, junto a otros investigadores en Estados Unidos, recaudó fondos para financiar una investigación en Haití que estuvo al frente de un antropólogo y etnobotánico canadiense del Museo Botánico de Harvard, Wade Davis, quien en 1982 pasó varios meses en el Haití de los Duvalier, entrevistando a hechiceros vudú, recolectando muestras de la pócima y sus ingredientes para luego analizar el material en la Universidad de Harvard. Le llamó la atención que entre los componentes vegetales y animales, apareció un pez de la familia de los tetraodóntidos con una neurotoxina extremadamente potente: **la tetrodotoxina**. Esta, se comporta como un anestésico **160 mil veces más potente que la cocaína**.

Existen más de 200 especies de tetraodóntidos, incluido el pez globo o *fugu*. En Japón, desde



<https://es.quora.com>



hace siglos, se le considera un manjar muy apreciado por su efecto anestésico progresivo, además, su potencial letal provoca al que lo ingiere un estado entre el éxtasis y la muerte. Existe una extensa literatura biomédica sobre ello donde aparecen descripciones de casos que eran iguales a los de la «zombificación» en Haití, en el que individuos declarados muertos despertaban días después, todos ellos víctimas de envenenamiento por *fugu*.

Las muestras traídas desde Haití fueron llevadas al Hospital Presbiteriano de Columbia, en Nueva York, probándose sus efectos clínicos. El profesor de neuropatología de la Universidad de Columbia, Leon Roizin, le dijo a *Newsnight* que,

... después de seis a nueve horas, los ratones dejaron de responder a estímulos. Poco a poco, los animales dejaron de moverse. Desde lejos parecía que habían muerto. Sin embargo, pudimos ver que respiraban y que su corazón latía. Algunos de estos ratones permanecieron en esta situación hasta por 24 horas. En los monos, la droga cambió por completo el comportamiento de los animales

en solo media hora. Entraban en una especie de letargo catatónico, conscientes, pero insensibles al dolor con un efecto similar al curare, un alcaloide despolarizante que se une a los receptores nicotínicos de la placa neuromuscular.

#### Otros compuestos que *zombifican*

La tetradotoxina no es el único componente que juega un papel importante en las historias de «zombificación», ya que otra planta de la familia de las daturas, la «**hierba del diablo**», aparece y su intoxicación puede provocar desde delirios y alucinaciones hasta desorientación, comportamiento sumiso y apático. Los *bòkòs* haitianos, es decir los sacerdotes, creaban zombis mediante el uso de estas dos sustancias. Con la primera, llamada *coup de poudre* (**golpe de polvo**), la TTX inducía en la víctima la parálisis de la placa motora administrando una dosis semiletal y creando un estado de muerte aparente durante varios días en los cuales seguía la consciencia. Sus parientes y amigos lo daban por muerto y lo enterraban, y poco después, era desenterrado y revivido por el *bòkò*. En ese momento en-

traban en acción los segundos polvos, una sustancia psicoactiva: la *Datura stramonium* o estramonio, que en Haití se llama *concombre* (pepino zombi) y en México se le conoce como *toloache*. Según la creencia popular, la absorción de la sal liberaría al zombi. La explicación es sencilla, la *Datura* contiene alcaloides tropánicos (atropina y escopolamina) que actúan como anticolinérgicos y psicótropos que producen alucinaciones, amnesia y pérdida de la voluntad.

El efecto de la poción depende de quién y de cómo la toma. Asimismo, factores como la expectativa sobre la acción de la droga y el conjunto de las creencias, costumbres y presión social en el que está inmerso el individuo, tendrán un gran peso.

### Drogas sintéticas zombi

En los últimos años los zombis han pasado de la ficción a la realidad, asociados al abuso de drogas sintéticas llamadas popularmente **drogas zombis**. Entre los episodios más famosos encontramos los de personas agitadas que atacaron y se comieron partes del cuerpo de otros sujetos luego de exponerse a *flakka* (droga zombi) en el estado de Florida, en Estados Unidos.

Estas drogas fueron en un principio **diseñadas en laboratorios científicos** serios como herramientas para **estudiar el efecto de distintos neurotransmisores**; sin embargo, la disponibilidad de los métodos de síntesis en la literatura científica, permitió que se sintetizaran de manera artesanal y menos controlada, muchas mezcladas con productos vegetales (generalmente inertes) que se ofrecen como «inciensos» para fumar o para utilizar en pipas tipo *hookah*. Algunas de estas sustancias también pueden ser administradas por medio de inyecciones.

Las drogas zombis tienen un gran potencial de generar adicción y pueden causar intoxicaciones severas debido a la variabilidad en el contenido de la droga y por la alta potencia de estos compuestos. Un ejemplo es el cannabinoide sintético conocido como rifle de asalto *AK-47*, el cual es **200 veces más potente que la marihuana** común.

Las drogas sintéticas se dividen en varios grupos, incluyendo estimulantes similares a la catinona que reciben el nombre de «sales de baño» (*flakka*), **opioides** sintéticos similares a la morfina (*krokodil*) y **cannabinoides** sintéticos (*spice*, *AK-47*).

Los estimulantes generalmente son alcaloides derivados de plantas como la *Catha edulis* o son moléculas similares al MDMA (éxtasis), los cuales **aumentan los niveles de dopamina y norepinefrina**, siendo sus efectos similares a los del éxtasis, anfetaminas y cocaína (euforia, agitación, convulsiones, paranoia, alucinaciones y ataques de ira). Durante un episodio de intoxicación, los sujetos pueden destruir objetos o causar daño a personas cercanas; adicionalmente, también pueden presentar **trastornos severos** en el **corazón**, en los **músculos** y en el **riñón**, dificultades que **podrían llevar a la muerte**.

El *spice* es un cannabinoide sintético que **actúa parecido a la marihuana**. En general, deprimen las funciones nerviosas y crean una distorsión de la percepción de la realidad; sus efectos adversos severos incluyen crisis de ansiedad, convulsiones, hipertensión, daño renal y problemas del corazón, que terminan en infartos y en la muerte. Por otra parte, el *krokodil*, con base en la desomorfina, es un opioide sin-

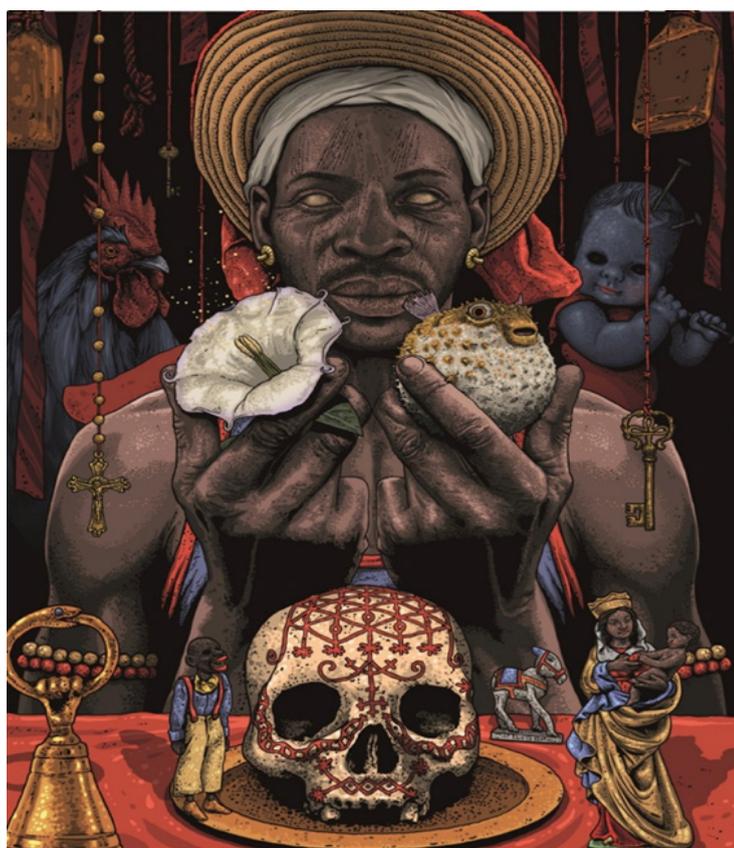
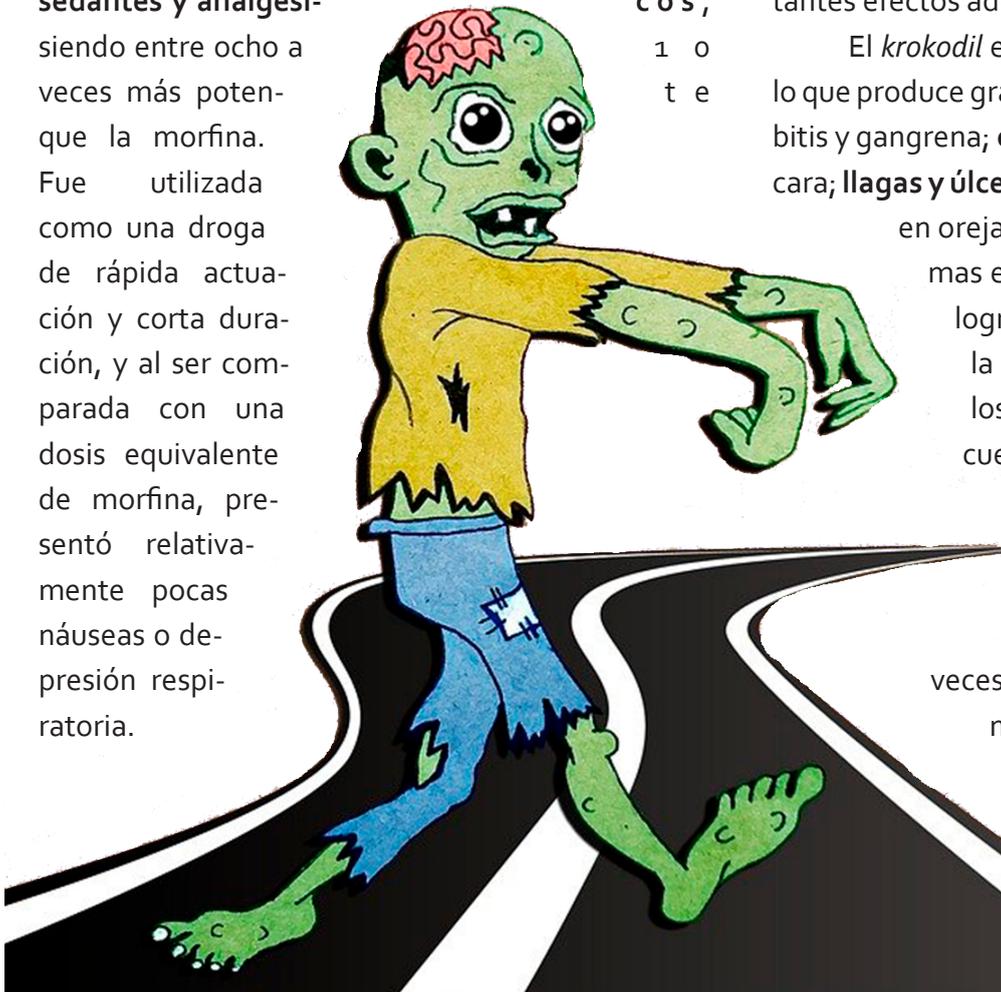


Ilustración: Nicolás Rosenfeld

tetizado que presenta **sedantes y analgésicos**, siendo entre ocho a veces más potente que la morfina. Fue utilizada como una droga de rápida actuación y corta duración, y al ser comparada con una dosis equivalente de morfina, presentó relativamente pocas náuseas o depresión respiratoria.



**efectos**  
**cos,**  
1 o  
te

orgánicos tóxicos y corrosivos, presentando importantes efectos adversos añadidos.

El *krokodil* es una mezcla que **se inyecta**, por lo que produce gravísimos **daños en los tejidos**, flebitis y gangrena; **osteomielitis** de la mandíbula y la cara; **llagas y úlceras** en la frente y cráneo; **necrosis** en orejas, nariz y labios; así como problemas en hígado y riñones. La mezcla no logra disolverse completamente en la sangre y su acumulación necrosa los tejidos en lugares distantes del cuerpo, ampliando el daño. Además, el efecto del *krokodil* es bastante efímero, entre 90 minutos y dos horas, lo que induce a inyectarse varias veces por día, aumentando el daño de manera tan elevada, que **la expectativa de vida de los adictos es de dos o tres años**.

Debido a la variedad de las drogas zombis y de las dosis a las que se pueden exponer las personas, es un reto para el personal de salud hacer un adecuado

Durante la década del 2000, comenzó a sintetizarse clandestinamente en Rusia, donde se conoce como *крокодил* (*krokodil*, que significa 'cocodrilo'). Se utiliza como una droga alternativa a la heroína. Sus precursores son relativamente fáciles de conseguir; **su síntesis resulta sencilla** (parecida a la metanfetamina) y por ello una dosis de *krokodil* cuesta entre tres y cinco veces menos que una de heroína. Sin embargo, la desomorfina sintetizada es altamente impura debido a que las sustancias usadas inicialmente y la desomorfina final no se purifican, por lo tanto, aparece con subproductos

de las emergencias clínicas y confirmar con certeza la causa de la intoxicación. El bajo costo de producción de estas drogas sintéticas, sumado al poco control y seguimiento que se puede hacer sobre su producción y distribución, hacen que el uso de drogas zombis esté emergiendo como un importante **problema de salud pública**.

**«Como vemos, los zombis tienen mucho de leyenda, pero también algo de ciencia. Ahora, ya sí podemos hacer frente a la pregunta: ¿Los zombis son mito o realidad?»**



Davies, W. (1986). *La serpiente y el arco iris*, Buenos Aires: Círculo de Lectores Argentina.

Gonzalo, F.J. (2011). *Filosofía Zombi*, Barcelona: Anagrama. [https://www.anagrama-ed.es/view/12298/A\\_426.pdf](https://www.anagrama-ed.es/view/12298/A_426.pdf)

Seabrook, W.B. (1929). *The Magic Island*, Nueva York: Harcourt Brace and Co. [trad, esp.: (2005) *La isla mágica: un viaje al corazón del vudú*, Madrid: Valdemar].

Serrano-Cueto J.M. (2009). *Zombie evolution*, Madrid: T&B.

# ARTÍCULO

## Comunicación entre especies, una oportunidad: Pinos y descortezadores

Daniela Villa-Ponce y Omar Chassin-Noria



<https://pixabay.com/es/photos/bosque-bosque-de-pinos-pino-967625/>

**Daniela Villa-Ponce.** Estudiante de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[1635153e@umich.mx](mailto:1635153e@umich.mx)

**Omar Chassin-Noria.** Profesor-Investigador, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[ochassin@umich.mx](mailto:ochassin@umich.mx)

**T**odos los que hemos visitado un bosque templado en donde hay pinos, somos afortunados por lo que hemos percibido con nuestros cinco sentidos, a pesar de que es solo una parte de lo que sucede justo frente a nosotros. Estos **bosques templados han sido llamados así**, a pesar de que se encuentran en localidades en donde puede hacer mucho frío (para un humano), **para distinguirlos de los bosques tropicales.** En los bosques templados de México, encontramos la mayor diversidad de especies de pinos (género *Pinus*) a nivel mundial y son centro de origen y diversificación de este género. **En México, hay 49 especies de pinos (22 endémicas)**, de las aproximadamente 120 especies a nivel mun-

dial que se encuentran distribuidas en los macizos montañosos a altitudes que se ubican entre los 1 500 a 4 000 msnm, ocupando una superficie aproximada de 10 millones de hectáreas.

En los pinos podemos observar, a simple vista, algunos visitantes como aves, mamíferos, reptiles e insectos. Les platicaremos de unos escarabajos no tan famosos entre los humanos, pero definitivamente sí entre los pinos, nos referimos a los **escarabajos descortezadores** (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) que son **insectos de menos de un centímetro** que, para reproducirse y alimentarse de los nutrientes que circulan en el tronco de los árboles, cavan galerías por debajo de su corteza.

### **Escarabajos descortezadores: Función y daños en el bosque**

Los escarabajos descortezadores **tienen funciones relevantes en el ecosistema**, incluyendo el reciclamiento de nutrientes y la generación de un disturbio natural en los bosques, «renovándolos» al **eliminar a los árboles viejos, enfermos y estresados**, formando claros entre árboles que son aprovechados por otras plantas, creando mayor diversidad de especies. Lo anterior tiene como **resultado un bosque joven y vigoroso**. Sin embargo, esta dinámi-

ca de regeneración natural, solo sucederá mientras no existan factores que la inhiban o retrasen como los incendios forestales provocados, la tala sin moderación, la extracción de madera o el **cambio climático** (temperatura y precipitación pluvial), que se han **asociado al incremento de las poblaciones de escarabajos descortezadores**, que llegan a atacar grandes cantidades de árboles maduros y la cobertura vegetal se ve afectada de manera negativa, teniendo como resultado la pérdida de grandes masas de árboles, afectando la economía si los pinos eran destinados para su aprovechamiento silvícola.

Específicamente el incremento de las poblaciones de estos escarabajos, se asocia con el incremento de la temperatura y de los patrones de precipitación que aumentan su velocidad de desarrollo, así como la supervivencia, reduciendo el tiempo necesario para completar una generación.

La magnitud de los daños que han causado los escarabajos descortezadores ha sido tan grande en el mundo, que ha atraído la atención no solo de biólogos, sino también de físicos, geógrafos, científicos sociales y políticos, siendo **actualmente uno de los temas ambientales más mencionados**.

Hay descritas alrededor de tres mil especies de escarabajos descortezadores en el mundo y, en Mé-



*Dendroctonus frontalis*, escarabajo de pino. Fotografía: David T. Almquist. <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=2516003>

xico, se encuentran 870 especies con 87 géneros; sin embargo, cerca de 20 especies, particularmente del género *Dendroctonus*, dentro de las que destacan *D. pseudotsugae*, *D. frontalis*, *D. mexicanus* y *D. adjunctus*, son los que causan mayor mortalidad sobre los pinos en el país.

### Todos los habitantes del bosque son importantes

Las **medidas de control** que se han implementado durante años, son las de **derribar, descortezar y extraer a los árboles colonizados**. Esta práctica termina con una gran cantidad de insectos, pero no cambia los parámetros ecológicos que generan las altas poblaciones de descortezadores (elevada temperatura y precipitación pluvial), **afectando más bien a otras especies** de insectos, hongos, aves y mamíferos que dependen de los árboles muertos colonizados por los descortezadores para anidar o refugiarse. Los descortezadores mismos sirven como una importante fuente de alimento para los animales insectívoros, además son uno de los disturbios naturales principales en la ecología de bosques templados.

### Comunicación semioquímica: Feromonas, cairomonas, sinomonas y alomonas

En el conflicto entre descortezadores y pinos, existe una comunicación constante entre aliados y contrincantes mediante **semioquímicos**, que son **substancias químicas que transportan una señal**. Cuando la comunicación se establece **entre organis-**

**mos de la misma especie**, por ejemplo, entre descortezadores y es ventajosa para ellos, esta se debe a semioquímicos llamados **feromonas**. Este tipo de comunicación permite a los descortezadores **encontrar pareja** para reproducirse (feromonas sexuales), enviar señales de **defensa**, evitar la **competencia** (feromonas de alarma), entre otros. Los descortezadores perciben estos químicos a través de sus antenas sensoriales (sensilas).

Por otra parte, **existe comunicación semioquímica entre especies distintas**. Por ejemplo, cuando un pino produce resina por alguna lesión en su tronco, esta señal es percibida por los descortezadores, indicándoles una fuente de alimento y sitio para reproducirse. Esta señal es emitida por una especie (pino) que beneficia a la especie que lo recibe (descortezador) y que se conoce como **cairomona**. Este sistema de comunicación es complejo, porque también las feromonas de los descortezadores actúan como cairomonas al ser detectadas por sus depredadores naturales que son de otra especie.

Asimismo, hay **semioquímicos que benefician tanto al emisor de la señal como al que la recibe**, por ejemplo, cuando un descortezador al establecerse en un árbol emite un semioquímico que es detectado por otra especie de descortezador, ambos organismos —emisor y receptor— son beneficiados al evitar la competencia por los recursos del pino. A esta señal de comunicación se le reconoce como **sinomona**. Por otra parte, los pinos también emiten





Desarrollo larvario de *Dendroctonus frontalis*. Fotografía: USDA Forest Service-Region 8-Southern. <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1520109>

señales que funcionan como repelentes para algunos herbívoros, siendo así el emisor de la señal, en este caso el pino, el que recibe un beneficio. Esta señal de comunicación se denomina **alomona**.

#### Aprender sobre comunicación, es una oportunidad

Saber cómo son los mecanismos de comunicación en esta interacción entre pinos y escarabajos, no es solo una «curiosidad científica», esto se ha aprovechado. Por ejemplo, el descortezador *Dendroctonus pseudotsugae*, produce una **feromona antiagregante** que hace que **los insectos se dispersen a otros lugares** en donde no hay ese compuesto que resulta ser un excelente disuasor de la invasión. La feromona antiagregante ha sido **producida de manera artificial** para disminuir la propagación de descortezadores en la práctica silvícola, dando una señal falsa a los insectos de que los árboles (sanos) ya han sido ocupados por otros individuos para así evitar el ataque. Esta práctica ya se ha **probado con éxito** en el noroeste de Estados Unidos y en México, mostrando potencial de uso para evitar la infestación de pinos individuales, pero no hay todavía evaluaciones de protección a bosques enteros.

El uso de los semioquímicos también ha tenido aplicaciones más tradicionales al usar feromonas en **trampas que permiten la captura y el monitoreo de los insectos**, con el objetivo de identificar y estimar los tamaños de las nuevas áreas de infestación, así como para atraer a los descortezadores a áreas específicas con trampas masivas para el **cálculo de los posibles tamaños de infestaciones**.

Entender las señales que emiten los descortezadores y los pinos, es una herramienta que se está investigando para controlar las poblaciones de descortezadores que, según datos del Sistema Nacional de Información Ambiental, en 2013 el 12 % de los bosques de pinos sufrieron infestación por estos insectos. **En México no existe industria que produzca o envase semioquímicos**, por lo que han sido la mayoría importados de Canadá bajo permisos de investigación científica o urgencia sanitaria, ya que son considerados plaguicidas bioquímicos por la Secretaría de Salud.

Aprender sobre los semioquímicos será una herramienta para la protección futura de los árboles con estrés climático y alta vulnerabilidad, además de ser más amigable con las especies que comparten el bosque.



Turlings, T. y Benrey, B. (2001). Efectos de los metabolitos secundarios vegetales en el comportamiento y desarrollo de avispas parasitoides. En: A.L. Anaya, F.J. Espinosa-García y R. Cruz-Ortega (eds.), *Relaciones Químicas entre Organismos: Aspectos básicos y perspectivas de su aplicación*, México: Instituto de Ecología, pp. 505-540. [https://libra.unine.ch/Publications/Betty\\_Benrey/11481](https://libra.unine.ch/Publications/Betty_Benrey/11481)

Blanco-Metzler, H. (2004). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 71, 112-118. <https://repositorio>.

[catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6481/A1933e.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6481/A1933e.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Del-Val, E. y Sáenz-Romero, C. (2017). Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: Problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 20(2), 53-60. <https://www.sciencedirect.com/sdfe/reader/pii/S1405888X17300062/pdf>

# ARTÍCULO DE PORTADA

## Comunicación humano-microbio: Una charla silenciosa

Jesús Andrés Salas-Tovar y David Roberto Sepúlveda-Ahumada





Dana Adaid Becerra Zaragoza y Mauricio Alejandro Santos Pérez  
Técnica: Ilustración digital



**E**n la actualidad, nuestra vida se encuentra gobernada por estos pequeños entes invisibles para el ojo humano conocidos como microorganismos. Nuestra relación con ellos es tal, que se puede decir que **nos utilizan como una especie de vehículo viviente dentro del cual pueden sobrevivir y multiplicarse**. Su subsistencia dentro de los seres humanos ha llegado a ser tan exitosa, que hoy en día sabemos que hay tantas células microbianas en nuestro organismo como células humanas, así que, metafóricamente hablando, **podríamos decir que somos tanto humanos como microbios**. Estos microscópicos seres tienen la capacidad de habitar prácticamente en cada uno de los rincones de nuestro cuerpo (literalmente): podemos encontrarlos en nuestra piel, nariz, manos, tracto gastrointestinal, e incluso detrás de nuestros oídos (con cierta razón las madres hacen tanto énfasis en lavarse detrás de los oídos). Las poblaciones que habitan en cada una de las partes de nuestro cuerpo son muy variadas y su relación con nuestro organismo también lo es.

### Una guerra librada en las sombras

El desarrollo de la ciencia nos ha permitido conocer que los microorganismos tienen tanto la capacidad de **producirnos malestar**, como de ayudarnos a **mantener una buena salud**. Aquellos organismos capaces de producirnos enfermedades se denominan **patógenos**, en tanto los que son capaces de brindarnos beneficios a la salud se conocen como **probióticos**. Los patógenos cuentan con armas diseñadas para provocarnos enfermedades conocidas como factores de virulencia, que no se refieren en específico a virus, sino a la habilidad de producir diferentes moléculas capaces de enfermarnos (por ejemplo, toxinas del cólera, Shiga y difteria). Por su parte, los probióticos tienen diferentes herramientas para defendernos de algunos de los malestares provocados por patógenos, como mantenerlos a raya en su intención de conquistar nuestro intestino (mediante la competencia por sitios de colonización) o la estimulación de nuestro sistema de defensa para que se mantenga alerta frente a dichas amenazas.

Entre los **probióticos más conocidos** tenemos los **lactobacilos** y las **bifidobacterias**. Algunos ejemplos son *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus casei* Shirota, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium breve*, entre muchos más. Por su parte, algunos de los **patógenos más comunes** transmitidos por los alimentos son ***Salmonella typhi***, ***Campylobacter jejuni***, ***Escherichia coli*** enterohemorrágica, ***Listeria monocytogenes*** y ***Vibrio cholerae***. Se estima que cada año, uno de cada diez habitantes en el mundo contraerá alguna enfermedad relacionada con alimentos contaminados, de los cuales, casi medio millón podrían morir por esta causa.

### Encuentros cercanos del tercer tipo

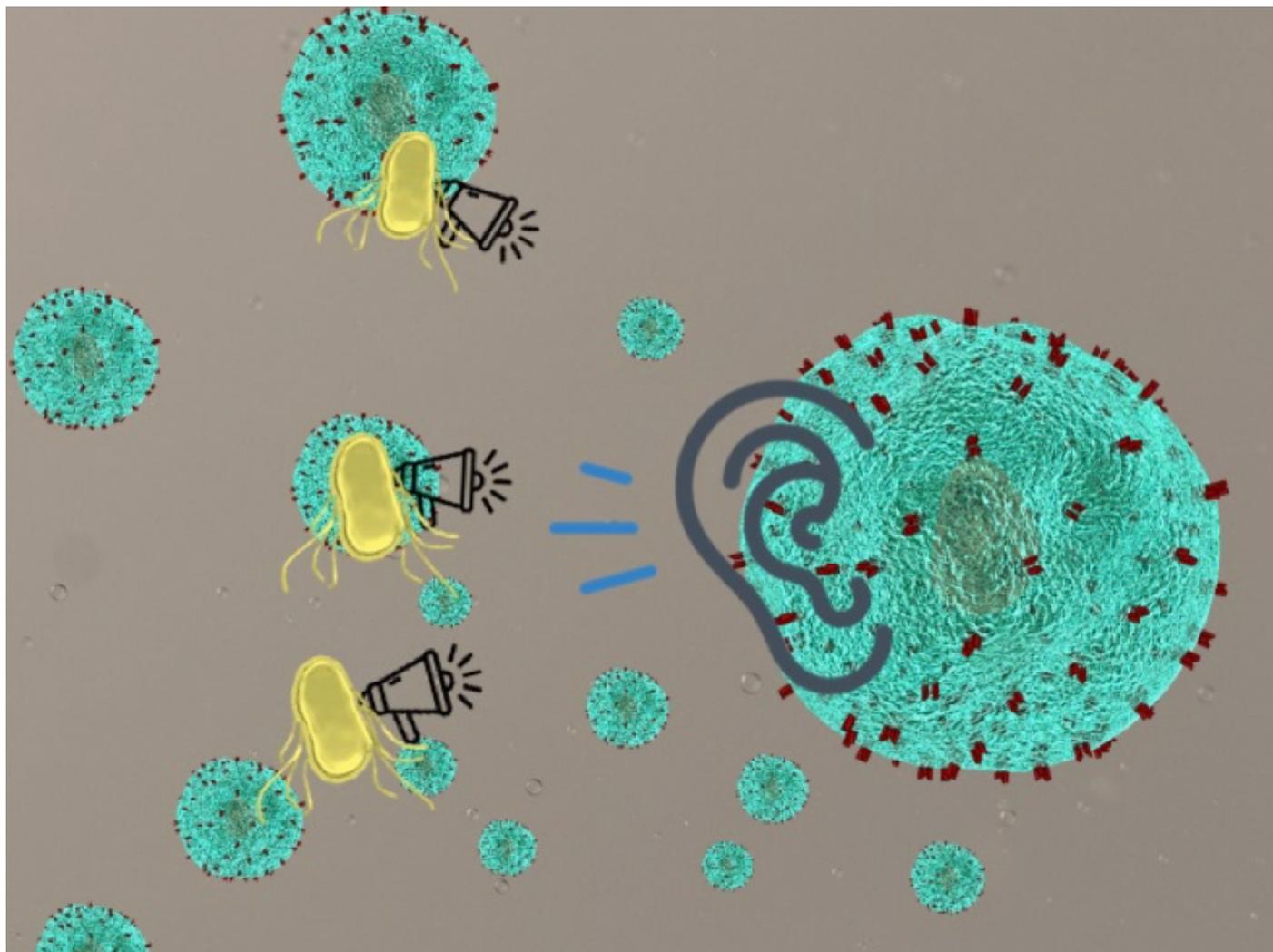
Tal como fueran clasificados por primera vez por el astrofísico Josef Allen Hynek, entre los encuentros cercanos encontramos los del tercer tipo, que describen la interacción con entidades «animadas» o biológicas. Ciertamente, en este caso no nos referimos a entes extraterrestres, sino a microorganismos. Para que se realice el **primer encuentro** entre los microorganismos y nosotros

(ya sea con intenciones benéficas o perjudiciales), **los microorganismos deben primero tener acceso nuestro organismo**, ya sea por medio de la ingestión de alimentos, mediante la respiración, o incluso cuando nos cortamos con algún objeto.

Una vez que dichos organismos entran en nuestro sistema, es importante para nuestro cuerpo entender cuáles son las intenciones de este visitante; por consiguiente, emprende la tarea de **entablar «comunicación» con el organismo invasor**, de modo que esto le permita conocer si su estadía en nuestro cuerpo resultará perjudicial o benéfica. Por definición, se puede entender la palabra comunicación como un intercambio de información entre dos o más entes. En efecto, esto es lo que ocurre entre un microorganismo y las células de nuestro cuerpo, solo que el intercambio de información no es verbal, sino **a través del reconocimiento de moléculas**.

### Oídos y bocas

Para que se abra el debate dentro de la mesa de conversaciones a nivel molecular entre nues-





tras células y el ente extraño (en este caso el microorganismo), se deben presentar las vías por medio de las cuales se suscitara el diálogo. Desde la década de los 90, se concluyó que debía existir cierto mecanismo por medio del cual nuestras células fueran capaces de reconocer a potenciales amenazas. Con certeza, se sabía que este reconocimiento debía darse por la presencia de moléculas, pero no de cualquier molécula, sino de aquellas que estuvieran presentes en un gran número de organismos invasores. Al mismo tiempo, para la identificación, estos candidatos debían permanecer como parte esencial del organismo invasor, de modo que no pudieran huir a la vista de nuestras células. Y, por último, dichas moléculas debían estar ausentes en las células propias, o de lo contrario el cuerpo podría atacar a células propias como haría con células ajenas.

Fue así que, al conjunto de moléculas que cumplía tanto con el propósito de reconocimiento como con las características antes mencionadas, se les denominó **patrones moleculares asociados a microorganismos** (MAMPs, por sus siglas en in-

glés), donde cada una de las moléculas dentro de las MAMPs, pueden ser vistas como una firma característica de potenciales peligros. Una vez que las MAMPs funcionan como un mensaje enviado, nuestras células, a través de un receptor, inician esta conversación para interpretar dicho mensaje. Esto se logra mediante los **receptores de reconocimiento de patrones** (PRRs, por sus siglas en inglés).

Entre los varios objetivos de estos se encuentra el identificar moléculas específicas presentes en potenciales invasores (en este caso los MAMPs). Los PRRs mejor estudiados en la actualidad, son unas proteínas grupalmente conocidas como **receptores tipo-Toll**. Este nombre indudablemente suena extraño para nosotros, y con justa razón, ya que la denominación proviene de una lengua extranjera. *Toll* es una expresión en alemán que significa 'fascinante', que fue lo que exclamó la Dra. Christiane Nüsslein-Vollhard durante sus experimentos con esta proteína en 1985.

Hoy en día se han identificado diez de estos receptores tipo-Toll en el ser humano, algunos de

ellos se ubican en la superficie de nuestras células, mientras que otros están en estructuras internas; cada uno de ellos tiene la capacidad de **monitorear la presencia de ciertas moléculas MAMPs**. Estas moléculas pueden ser desde estructuras generales que se presentan en un gran grupo de organismos, hasta ciertas estructuras que predominantemente se encuentran solo en una fracción de ellos. Los receptores tipo-Toll se **encuentran en una gran variedad de células del sistema inmune**, el cual se encarga de protegernos de las amenazas. Además, es posible localizarlos en las células del epitelio que conforman un tipo de tejido especial que recubre las superficies del cuerpo, incluidos los órganos.

### ¿Amigo o enemigo?

Finalmente, una vez que se ha entablado esta «comunicación» no verbal entre las células de nuestro cuerpo y las invasoras, surge la inminente cuestión de **¿Cómo logra nuestro cuerpo diferenciar entre un potencial patógeno o un organismo benéfico?** Esto último debido a que se podría decir que, en esencia, esta es la interrogante que da lugar a la charla humano-microbio desde un inicio. Es un hecho que nuestras células tienen la capacidad de diferenciar entre tipos de organismos; no obstante, la respuesta a esta interrogante es bastante compleja y **se relaciona con el modo en que nuestro sistema de defensas (o sistema inmune) reacciona a la presencia de amenazas**.

Debemos primero entender que nuestro cuerpo posee dos tipos de respuesta inmune: la innata y la adaptativa. De manera general, podríamos decir que la **respuesta inmune innata** es el primer llamado a la batalla, ya que en primera instancia busca **conocer el alcance del perjuicio** que una potencial amenaza representará para nuestro cuerpo y **activa mecanismos** un tanto generales **para iniciar el combate o, por lo menos, la contención del riesgo**. Asimismo, se encarga de producir y enviar mensajeros que recluten agentes más especializados de nuestro organismo en la eliminación de patógenos, iniciando la **respuesta inmune adaptativa**. De esta manera, podemos decir que cuando nuestro organismo logra entablar conversación con un ente benéfico (como son los probióticos), la respuesta inmune adaptativa es un tanto mesurada, contrario a lo que ocurre en presencia de un patógeno. Se ha obtenido evidencia de que, mientras la presencia de patógenos conduce a padecimientos que van desde el daño celular hasta desarrollo de enfermedades autoinmunes, la colonización por parte de probióticos favorece la reparación celular y un estado de equilibrio general.

Los medios por los cuales se modula la respuesta inmune innata y se limita la inmune adaptativa en presencia de los diferentes microorganismos que habitan nuestro cuerpo, son aún un **tema de debate entre los científicos**. En la actualidad contamos con evidencia que nos permite tener al-



gunas hipótesis sobre la forma en que se diferencia entre probióticos y patógenos. Una de estas teorías es que la presencia de factores de virulencia en patógenos favorece la incursión de estos hacia las zonas de reconocimiento de los PRRs, desencadenando así la serie de reacciones que da lugar a una respuesta inmune completa. Otra teoría explica que ligeras modificaciones en las moléculas MAMPs permiten que los receptores de nuestras

células puedan diferenciar aquellas que provienen de microorganismo amigos o enemigos.

Sea cual sea la respuesta, es indiscutible que la evolución ha dotado a nuestro organismo de una formidable **capacidad que le permite convivir en un entorno estable con los diferentes visitantes que llegan a nuestro cuerpo**. Asimismo, queda claro que esta es un área de la investigación que seguirá generando preguntas desconcertantes para los investigadores del mañana.

**Jesús Andrés Salas Tovar.** Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) del CoNaCyT, sede Cuauhtémoc, Chihuahua. Egresado de la Universidad Autónoma de Coahuila con el grado de Maestro en Ciencias de los Alimentos. Actualmente, se encuentra realizando su tesis doctoral enfocada en el estudio de la naturaleza de las superficies microbianas y sus interacciones con el medio ambiente

y otros organismos.

**jesus.salas.  
dc18@estudiantes.  
ciad.mx**



**David Roberto Sepúlveda Ahumada.**

Profesor-Investigador del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) del CoNaCyT,

sede Cuauhtémoc, Chihuahua. Egresado de la Universidad del Estado de Washington (EUA) con el grado de Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Especializado en el área de Ingeniería de Alimentos con énfasis en el estudio de métodos de procesamiento y conservación de alimentos.

**dsepulveda@ciad.mx**



Eberhardt, J. (2018). Immune response to bacteria: Distinguishing helpers from harmers. News from Eberhard Karls Universität Tübingen. <https://uni-tuebingen.de/en/facilities/university-library/home/newsfullview-home/article/immune-response-to-bacteria-distinguishing-helpers-from-harmers/>

Gimeno-Creus, E. (2004). Alimentos prebióticos y probióticos. *Offarm*, 23(5), 90-98. [https://www.elsevier.](https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-alimentos-prebioticos-probioticos-13061800)

[es/es-revista-offarm-4-articulo-alimentos-prebioticos-probioticos-13061800](https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-alimentos-prebioticos-probioticos-13061800)

Herrero, M.J. (2010). ABC de los «Toll-like receptors»: Relación con el desarrollo y progresión de enfermedades autoinmunes. *Seminarios de la Fundación Española de Reumatología*, 11(4), 135-143. <https://www.elsevier.es/es-revista-seminarios-fundacion-espanola-reumatologia-274-articulo-abc-toll-like-receptors-relacion-con-S1577356610000552>

# ARTÍCULO

## ¿Conoces algún alimento hecho de lenteja?

Eder Noé Nambo-Santiago



<https://pixabay.com/es/photos/sabze-haft-visto-verdor-lentejas-4940265/>

**Eder Noé Nambo-Santiago.** Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[1153287h@umich.mx](mailto:1153287h@umich.mx)

### ¿Por qué hacer nuevos alimentos?

**E**n los últimos años, el crecimiento de la población ha sido un factor influyente en la **alta demanda de alimentos**. Asimismo, cada día la población solicita alimentos más completos, nutricionalmente hablando, y que sean de **fácil acceso económico**, por lo que la industria alimentaria ha optado por la elaboración de alimentos hechos a base de leguminosas, debido a su alto valor nutricional.

Las principales leguminosas consumidas por los humanos son:

**Frijol:** es la leguminosa mayor consumida en México junto con la alubia.

**Garbanzo:** es ampliamente utilizado en distintos platillos gastronómicos.

**Soya:** es la más utilizada para la elaboración de productos veganos debido a la alta biodisponibilidad de sus nutrientes.

**Lenteja:** contiene una alta cantidad de proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra, minerales y vitaminas.

### ¿La lenteja es una buena opción?

La lenteja (*Lens culinaris*) es una leguminosa rica en vitaminas, minerales y con un alto contenido de proteína. Durante mucho tiempo la lenteja ha sido cocinada y consumida de una sola manera, siendo un proceso similar al que hacemos con los frijoles, el cual consiste en realizar la cocción del grano para después poder ser consumido acompañado de otros alimentos. En México, es una de las leguminosas más consumidas; sin embargo, en los últimos años, su consumo ha disminuido, por lo que la industria alimentaria ha propuesto la incorporación de esta leguminosa en otros alimentos con el

objetivo de aportar todos sus nutrientes en un alimento ya existente, sin modificar su aceptación por parte de la población. **¿Probarías una galleta, pasta o pan elaborado con masa de lenteja?**

### Productos de lenteja ya comercializados

En la actualidad, **los germinados** son el producto más comercializado hecho de las lentejas, destacando su aporte de fibra, ácido fólico, hierro, magnesio, potasio, fósforo y zinc, además de su amplio uso en la elaboración de ensaladas. El germinado es un proceso en el cual la lenteja se somete a humedad, calor y oxígeno para producir un brote; el objetivo de este proceso es **potenciar sus propiedades nutritivas**, haciendo más fácil su digestión.

Por otra parte, el **hummus de lenteja** es un puré elaborado a base de esta leguminosa, en el cual se utiliza la semilla de la lenteja precocida, la cual es molida y adicionada con especias para darle un mejor sabor. Es un alimento que **aporta una gran cantidad de nutrientes** como proteínas, vitaminas y minerales, y es utilizado para acompañar alimentos o como botana.



Pixabay: <https://pixabay.com/es/photos/comida-verde-lentejas-agricultura-1223841/>

### Productos nuevos o potenciales

Hoy en día se ha buscado la manera de poder incorporar la lenteja en los alimentos ya existentes, es por ello que se ha analizado la manera de poder ser utilizada en la **elaboración de alguna masa**, la cual pueda ser empleada en la **panadería**, en la elaboración de alguna **pasta** o en la fabricación de algún tipo de **botana nutritiva**. El principal objetivo es lograr la **elaboración de un alimento nuevo** o el **enriquecimiento de uno ya existente**. En el mercado de Estados Unidos de América y otros países, se comercializan distintas pastas a base de harina de lenteja y no de trigo, que es lo convencional.



### ¿Qué aportan en lo nutricional y en lo funcional?

En lo nutricional y funcional poseen un **gran contenido de proteína**, lo cual las hacen una excelente opción para las personas vegetarianas y veganas, ya que pueden ser complementadas con otro tipo de alimentos para satisfacer los niveles de proteína que el cuerpo demanda diariamente.

Asimismo, es un alimento **rico en fibra**, por lo cual su consumo favorece la salud intestinal y promueve la digestibilidad de los alimentos, de igual manera ayuda a prevenir el cáncer de colon. También aporta **grasas poliinsaturadas**, mejor conocidas como grasas «buenas», que ayudan a disminuir los niveles de colesterol, por lo que previenen enfermedades del corazón. Igualmente, nos ayuda a mantener estables los niveles de glucosa, ya que los **carbohidratos** que contiene producen un efecto de absorción lenta, por lo que no elevará los niveles de glucosa, ayudando en la prevención de diabetes mellitus. Además, es un alimento rico en **hierro y ácido fólico**, por lo cual se recomienda su consumo durante el embarazo.

Solo para recalcar, la lenteja aportaría a estos productos compuestos fenólicos, antocianinas, fitoesteroles, ácido fítico y las saponinas, los cuales nos ayudan a prevenir o retrasar el daño celular causado por los radicales libres, actuando como **antioxidantes**.



Dávila, M., Sangronis, E. y Granito, M. (2003). Leguminosas germinadas o fermentadas: Alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. *Rev. Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(4), 348-354. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222003000400003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400003)

Olmedilla, B., Farré, R., Asensio, C. y Martín, M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Revis-*

*ta Española de Nutrición Humana y Dietética*, 14(2), 72-76. [www.elsevier.es/dietetica](http://www.elsevier.es/dietetica)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). Beneficios nutricionales de las legumbres. *Boletín por el Día Mundial de las Legumbres*. <https://www.fao.org/3/i53845/i53845.pdf>

# ARTÍCULO

## Las lentejas y su impacto en la salud humana

Yuliza Guadalupe Morales-Herrejón y Karla Montes-Rodríguez



Pixabay: <https://pixabay.com/es/photos/lentejas-brote-brotes-germinaci%C3%B3n-5481826/>

**Yuliza Guadalupe Morales-Herrejón.** Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Laboratorio de Biotecnología «M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer», Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[yulizamoraes89@gmail.com](mailto:yulizamoraes89@gmail.com)

**Karla Montes-Rodríguez.** Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Laboratorio de Biotecnología «M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer», Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[karlamontesro34@gmail.com](mailto:karlamontesro34@gmail.com)

**E**n la actualidad, las **propiedades funcionales y nutritivas de ciertas leguminosas** poseen gran importancia debido a su **impacto en la salud humana**. Dentro de las muchas leguminosas, nos centraremos en un tipo de legumbre conocida comúnmente como lenteja (*Lens culinaris*), de la cual existen diversas variedades que producen semillas con diferentes tamaños y colores. Este tipo de legumbres ha sido el alimento de millones de personas en el mundo durante siglos, preferido por su **buen sabor**, por su alto **poder nutricional** y por

su **precio accesible**. Desafortunadamente, su consumo ha disminuido, por ello la importancia de conocer más sobre las lentejas, e incrementar su uso en el desarrollo y reformulación de productos, aumentando la practicidad de su consumo, así como de su aprovechamiento por sus características nutricionales y funcionales.

Una educación nutricional es esencial para el rescate de esta legumbre, a la vez que su consumo es fundamental para disminuir la malnutrición, mejorar el estilo y la calidad de vida, así como el medio ambiente.

### Leguminosa, legumbres, menestras, pulses...

Las leguminosas son **las plantas que tienen vainas** y dentro de ellas se encuentra el fruto, semillas o legumbres que, después de ser cosechadas, se secan. Según el país, a estas semillas o fruto **se les conoce de distintas formas**, por ejemplo, en Latinoamérica es común que se conozcan como leguminosas, legumbres, menestras o pulses, todas describen a los granos como las lentejas, garbanzos, chícharos, entre otros.

### Origen y clasificación de la lenteja

Las legumbres tienen diversos orígenes (Mesopotamia, América precolombina y Asia oriental) según la especie. Su cultivo se remonta a los comienzos de la agricultura en Asia Menor.

Existen numerosos tipos de lentejas que **se clasifican según el color de la semilla**, a saber, lentejas **verdes** o verdina de pequeño tamaño y color verde o verde amarillento con manchas negruzcas; las llamadas lentejones, lentejas **rubias** entre las que se encuentran la rubia castellana; lentejas **amarillas** de origen asiático; lentejas **naranjas** que es un alimento básico en Oriente Próximo; lentejas **pardas o pardinas**, originarias de la India; lentejas **rojas**, de sabor muy fino; y lentejas **verdes azules** que crecen en zonas volcánicas.

### Pero, ¿cuál es su composición química y nutricional?

Las lentejas son consideradas una buena opción de alimento porque son una fuente importante de **proteína vegetal, carbohidratos complejos, fibra, vitaminas y minerales**, por otro lado, son bajos en grasa, libres de grasas trans y colesterol, no contiene alérgenos comunes y **no es un producto transgénico**, características por las cuales se promueve su consumo frecuente. El contenido de polifenoles y fitoesteroides en esta legumbre, es responsable de las **propiedades antioxidantes**. A continuación, te damos a conocer el valor nutricional más importante de este alimento.

libres de grasas trans y colesterol, no contiene alérgenos comunes y **no es un producto transgénico**, características por las cuales se promueve su consumo frecuente. El contenido de polifenoles y fitoesteroides en esta legumbre, es responsable de las **propiedades antioxidantes**. A continuación, te damos a conocer el valor nutricional más importante de este alimento.

## Composición nutrimental lenteja

Nutrientes	Contenido/110 g
Energía	115 kcal
Proteína	8.93 g
Grasa	0.38 g
Carbohidratos	19.93
Fibra	7.8



### Su valor proteico

Las lentejas presentan un alto contenido de proteína, con aproximadamente un 20 % de las llamadas «**proteínas de almacena-**



<https://pixabay.com/es/photos/pulsos-lentejas-frijoles-comida-4760714/>

**miento»,** encargadas de recibir y almacenar los nutrientes esenciales para el funcionamiento de nuestro organismo. El creciente interés en las proteínas de las lentejas, es debido a estas propiedades funcionales. Por otro lado, generalmente las leguminosas **también tienen proteínas** que son consideradas **anti-nutrientes**, estas forman parte del sistema de defensa de la planta y reducen la digestibilidad y la biodisponibilidad de diversos nutrientes, pero esto no es una preocupación, ya que la gran mayoría de estas sustancias inhibidoras de nutrientes se reducen notablemente tras aplicar calor, es decir, con el cocinado, o incluso algunos con solo hidratarlos.

La proteína de las lentejas **contiene lisina**, un aminoácido esencial que se encuentra deficiente en cereales, por tal razón, cuando se combinan cereales con leguminosas se obtiene una **proteína completa y de calidad**. Esto es de gran relevancia en las poblaciones que no tienen acceso a proteína de origen animal; en este sentido, por su disponibilidad

y costo, este tipo de leguminosa es una alternativa por su alto valor proteico y nutricional, contribuyendo a la **seguridad alimentaria**.

### La lenteja y las propiedades funcionales

Las propiedades funcionales y nutritivas de las lentejas son de gran relevancia debido a su impacto en la salud humana, al **disminuir el riesgo de enfermedades crónico-degenerativas y la desnutrición**; asimismo, aportan efectos fisiológicos benéficos para el organismo como la regulación intestinal y el poder saciante por el elevado contenido de fibra, por lo que **pueden ser utilizadas en el tratamiento de la obesidad**. Esta leguminosa cobra importancia debido a su fácil adquisición y calidad nutricional (alto contenido de proteínas, carbohidratos digeribles e indigeribles, fibra, minerales, así como de polifenoles).

El consumo de la lenteja es importante para la **prevención de la diabetes mellitus, el cáncer de colon y la disminución del colesterol en sangre**, lo

que se relaciona con su alto contenido de antioxidantes, bajo contenido de lípidos saturados y bajo nivel de azúcares. La capacidad antioxidante reside en sus componentes polifenólicos y antocianinas, responsables de la prevención en salud, pero que cambian en las distintas variedades, por ejemplo, la variedad roja en comparación a la verde, contiene más de este tipo de compuestos, por lo que el aporte antioxidante depende de cada tipo de lenteja, en específico del color.

### Las lentejas en la industria alimentaria

Hoy en día este tipo de leguminosa representa una oportunidad en la industria alimentaria para establecerse como sustitutos y/o complemento de materia prima en la elaboración de alimentos al aportar beneficios funcionales y nutricionales.

Un ejemplo es la elaboración de **harina de lenteja**, de la cual se puede obtener materia prima para ser utilizada como base

para la **formulación de otros alimentos** o como sustituto de otras harinas; la harina de lenteja es útil para suplementar el contenido y calidad proteica de harinas convencionales. Respecto al contenido y características de los hidratos de carbono, las lentejas contienen almidón resistente (menor digestibilidad), de modo que la incorporación de harinas de estos productos puede ser una opción para la formulación de alimentos reducidos en valor calórico o aportar fibra insoluble, lo que permitiría mejorar la textura. Por ejemplo, alimentos funcionales como pan, galletas, tostadas, hamburguesas y croquetas elaborados a base de harina de lenteja.



Alianza Leguminosas para la Salud. (2021). ¿Cómo las leguminosas pueden ser aliadas en el desarrollo de productos más saludables? *Boletín Manufactura de Alimentos*. <http://alianzaleguminosas.org/assets/pdf/ManualAlianzaIndustria.pdf>

Escobedo-Valdez, V.G., Sánchez-Aburto, G. y Zambrano-Carrasco, J. (2018). Potencial biotecnológico del capulín (*Prunus* sp.): Un acercamiento hacia su uso como antioxidante. *RD-ICUAP*, 4(1), 1-20. <https://es.scribd.com/document/372365214/06-Capulin>

Saura-Calixto, F., Goñi, I. y Serrano, J. (2007). *Caracterización de los alimentos tradicionales de la dieta española: Alegaciones nutricionales y alegaciones en salud*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 32 p. <https://1library.co/document/zggkd48q-caracterizaci%C3%B3n-alimentos-tradicionales-dieta-esp%C3%B1ola-alegaciones-nutricionales-alegaciones.html>

# ARTÍCULO

## ¿Qué tan simple y común es el hipo?

Rocío del Carmen Montoya-Pérez y Alain Raimundo Rodríguez-Orozco



**Rocío del Carmen Montoya-Pérez.** Profesora-Investigadora del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[rocio.montoya@umich.mx](mailto:rocio.montoya@umich.mx)

**Alain Raimundo Rodríguez-Orozco.** Profesor-Investigador, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[alain.rodriguez@umich.mx](mailto:alain.rodriguez@umich.mx)

**E**n este artículo hablaremos de procesos fisiológicos muy comunes que, aparentemente, son muy «simples», pero al mismo tiempo complejos, puesto que involucran respuestas de nuestro cuerpo. Muchos de estos procesos, en la mayoría de los casos, no son dañinos y seguramente por este motivo se les ve como «simples» y «comunes». El tratamiento se ha basado principalmente en la experiencia y en la medicina tradicional, pero hasta la fecha existen muy pocos estudios que realmente se enfoquen a comprobar que efectivamente sí funcionan.

### Uno de estos eventos es el HIPO

El hipo se define, generalmente, en dos momentos. En un primer momento, es un **movimiento involuntario de los músculos del diafragma**, los cuales se encuentran en la parte de abajo de los pulmones, y que son parte importante del proceso de la respiración. En un segundo momento, el hipo se define como el **cierre abrupto de las cuerdas vocales**, causante del característico sonido por el cual se le conoce a este proceso. Dependiendo de cada organismo, la frecuencia puede oscilar entre cuatro y 60 por minuto.

Hasta aquí, todo sigue siendo simple, pero es importante comenzar a profundizar en el hecho de que este proceso no solo **involucra la parte muscular**, sino también el sistema nervioso, gastrointestinal y pulmonar, así pues, involucra la secreción de un largo número de neurotransmisores y la activación de la anatomía a través del **sistema nervioso periférico**.

### ¿Se saben sus causas?

A lo largo de la historia moderna de la medicina se han registrado causas tan diversas e increíbles para la aparición del hipo, como el **rompimiento de vasos sanguíneos** a nivel cerebral como consecuencia de un golpe traumático, hasta la **presencia de gastritis crónica**, en cuyos casos han supuesto la

presencia del hipo por tiempos muy prolongados.

Antes de abordar los casos de hipo crónico, es importante mencionar las **causas del hipo agudo** —el cual parece ser «benigno»—, entre las cuales se encuentran comer demasiado y rápido, comer muy picante, caliente o demasiado condimentado, beber alcohol, bebidas carbonatadas, tener frío, ansiedad, nerviosismo o por la ingesta de medicamentos que pueden agredir la mucosa gástrica. Para este tipo de hipo, **la cura ha sido básicamente tomar medidas básicas de control** a través de la ingesta de agua, vinagre, contención y/o modificación de la respiración y la ingesta de azúcar granulada. Todos lo hemos hecho, ha funcionado con mayor o menor éxito, pero lo seguimos recomendando.

La base fisiológica también es relativamente «simple»: nuestro cuerpo se mantiene en un delicado **equilibrio entre las sustancias ácidas y las básicas**, lo que conocemos como pH, que en términos generales es la capacidad de donar y recibir electrones de las sustancias. Todas las células mantienen un pH fisiológico que se ubica alrededor del 7.4 y este se encuentra regulado por el sistema de amortiguamiento bicarbonato/ácido carbónico. Este sistema permite mantener el pH del cuerpo a través de la respiración y el intercambio gaseoso, por lo que, **cuando hay un desbalance en esto, una de las respuestas del cuerpo es precisamente**



**el hipo;** al modificar la contracción de la caja torácica se modifica la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se intercambia en los pulmones, haciendo que se modifique inicialmente el pH de la sangre, lo que se conoce como acidosis y alcalosis respiratoria. Si este proceso no se regula a ese nivel, eventualmente, puede producir una acidosis y/o alcalosis metabólica, cuyo proceso de regulación es más complicado e involucraría otros sistemas amortiguadores.

Entonces, una vez que tenemos hipo, el cambiar la cantidad de oxígeno (O<sub>2</sub>) y CO<sub>2</sub> que entra y sale de nuestros pulmones a través de aguantar la respiración o colocar una bolsa sobre nuestra boca y nariz, es una forma de regular el sistema de amortiguamiento del bicarbonato/ácido carbónico. En el caso de la ingesta de agua o de vinagre, el mecanismo es muy similar, puesto que el agua y el vinagre son también fuente de protones que modifican a nivel gástrico, y posteriormente sanguíneo, las concentraciones de ácido.

### ¿Por qué persiste el hipo?

Ya hemos hablado de las posibles causas del hipo y de los remedios que durante generaciones nos ha funcionado para regular esta reacción fisiológica, pero, ¿qué pasa cuando esta no se quita con lo mencionado anteriormente, y peor aún, puede

llegar a durar horas, días, semanas y hasta meses?

Se le ha denominado **hipo «persistente»** cuando este **dura alrededor de 24 horas** e **hipo «intratable»** cuando **dura más de 48 horas**; hay reportes de hipo que han durado meses, siendo este a lo que se le denominaría intratable. La relevancia de este tipo de hipo crónico es que **afecta otras funciones importantes del organismo**, como la ingesta de alimentos, el sueño, e inclusive la interacción social, lo que eventualmente ocasiona una reducción en la calidad de vida. Cabe mencionar que el 90 % de las personas en esta situación son hombres y que en el caso de las mujeres el origen es psicogénico, es decir, por un proceso patológico que tienen como origen una causa psíquica.

A nivel del sistema nervioso central, **el hipo es una irritación del arco reflejo** —estimulación de una aferente nerviosa y su respuesta a nivel medular a través de la eferencia—, por ejemplo, reflejo rotuliano o de la rodilla, debido a una lesión o una situación sistémica. En este caso, envuelve el reflejo de los nervios vago, frénico y los nervios simpáticos (T6-T12), así como las eferentes de los músculos intercostales y el diafragma.

### Entonces, ¿el hipo puede curarse o tratarse?

Los **neurotransmisores involucrados en el proceso del hipo** son la dopamina, la serotonina,



el glutamato, la glicina, la histamina, la epinefrina y la acetilcolina, por lo que el tratamiento del hipo se ha basado en moduladores de estas sustancias, con medicamentos como la metoclopramida, la fenitoina, el diazepam, la quinina, el droperidol, la clorpromazina, la metilamfetamina, el baclofen, el haloperidol, la amitriptilina, la carbamazepina, la gabapentina, la orfenadrina, la nifedipina y el ácido valproico, los cuales están diseñados para tratar un sinnúmero de padecimientos que no necesariamente están relacionados con el hipo pero, como ya se había mencionado, sí con todos los sistemas que están involucrados en el proceso.

Un dato importante de mencionar, es que **el hipo se puede manifestar como síntoma de otros padecimientos**, como artritis séptica de alguna articulación, embolismo pulmonar, e inclusive celulitis, además de lesiones a diferentes niveles del sistema nervioso central. Sin embargo, los síntomas asociados pueden llevar al diagnóstico por otro lado, ya que se ha reportado que pacientes que llegan a la

sala de emergencias con hipo intratable, presentan fatiga severa, deshidratación, malnutrición y pérdida de peso. Entonces, aunque el hipo es común e inofensivo, **no se debe de tomar a la ligera** cuando este se prolonga por más de 24 horas, ya que puede ser síntoma de algo más complejo que requerirá más análisis para determinar la causa concreta.

Finalmente, cuando los remedios caseros funcionan hay que estar agradecidos de que nuestro cuerpo simplemente está haciendo su trabajo, regulando el pH o teniendo alguna reacción a los alimentos o algún medicamento. Y, cuando las cosas se alarguen o compliquen, debemos de estar conscientes de que es necesario **acudir al médico y tomar cartas en el asunto**.



<https://pixabay.com/es/photos/adulto-bebida-beber-disfrutar-18650/>



Hipo. *MedlinePlus*, Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU, Biblioteca Nacional de Medicina. <https://medlineplus.gov/spanish/hiccups.html>

BBC News Mundo. (2014). ¿Para qué sirve el hipo? [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/05/140529\\_respuestas\\_curiosos\\_31may\\_finde\\_yv](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/05/140529_respuestas_curiosos_31may_finde_yv)

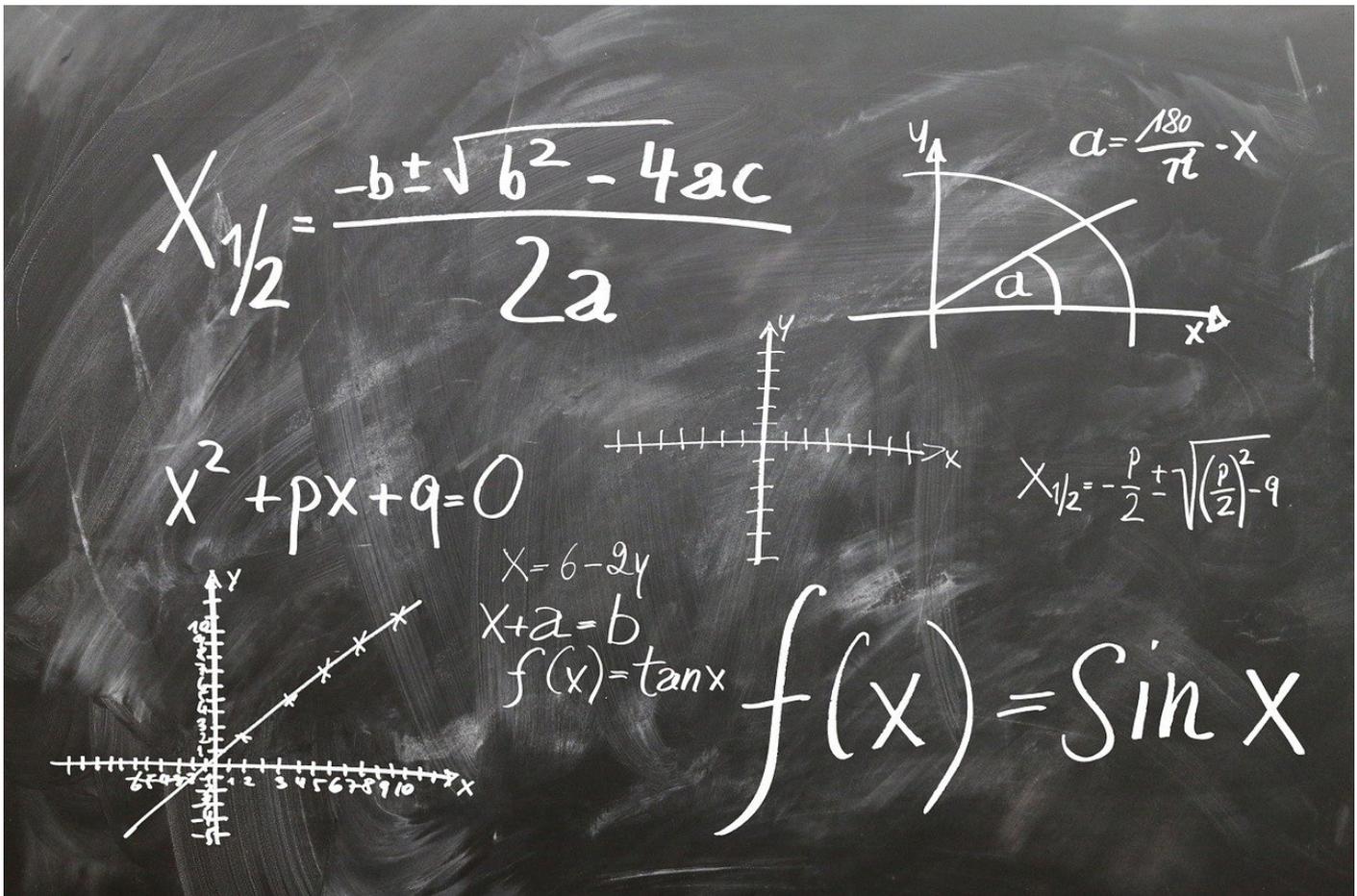
Rouse, S. y Wodziak, M. (2018). Intractable Hiccups. *Curr. Neurol. Neurosci. Rep.*, 18(8), 51. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29934880/>

Polito, N.B. y Fellows, S.E. (2017). Pharmacologic Interventions for Intractable and Persistent Hiccups: A Systematic Review. *J. Emerg. Med.*, 53(4), 540-549. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29079070/>

# ARTÍCULO

## La Física, una ciencia que ayuda a salvar vidas

Cristian Heber Zepeda-Fernández y Lucio Fidel Rebolledo-Herrera



<https://pixabay.com/es/illustrations/matem%C3%A1ticas-f%C3%B3rmula-f%C3%ADsica-escuela-1509559/>

**Cristian Heber Zepeda-Fernández.** Cátedra Conacyt en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.  
[hzepeda@fcfm.buap.mx](mailto:hzepeda@fcfm.buap.mx)

**Lucio Fidel Rebolledo-Herrera.** Posdoctorante en el Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México.  
[rebolledol@fcfm.buap.mx](mailto:rebolledol@fcfm.buap.mx)

### La Física, la ciencia natural

El ser humano siempre ha sido curioso, y gracias a eso se descubrió el fuego, se conoce la agricultura, se inventó la rueda, tenemos la tecnología actual, etc. Las principales preguntas fueron enfocadas a fenómenos de la naturaleza, por ejemplo, ¿por qué el cielo es azul?, ¿por qué existe el día y la noche?, ¿por qué los objetos caen?, entre otras interrogantes. Fue en los años 300 antes de nuestra era, con Aristóteles, Demócrito, entre otros, que se empezó a tratar de dar una explicación a los fenómenos naturales que los rodeaban. La mayoría de las culturas en la antigüedad pensa-

ban en cómo las estrellas y los demás cuerpos celestes interactuaban con su mundo cotidiano, dándole un significado filosófico.

En los siglos XV y XVI, al estudio de la naturaleza se le llamaba **Filosofía Natural** y tenía ese enfoque filosófico. Fue en el siglo XVI cuando Isaac Newton introdujo las matemáticas para poder explicar su **teoría de Gravitación**, y fue entonces cuando a la Filosofía Natural se empezó a conocer con el nombre de **Física**, que etimológicamente significa **estudio de la naturaleza**. Es así como la Física es una ciencia que lleva más de dos mil años de estudio y forma parte del conocimiento de la humanidad.

El estudio de la Física es muy amplio, debido a que la naturaleza tiene muchos fenómenos, por ejemplo, a escalas tan grandes como en el universo, es la **Astrofísica** la que **estudia el movimiento de planetas y objetos celestes**. A dimensiones muy pequeñas, como **el mundo subatómico**, las leyes de la **Mecánica Cuántica** es la que explica dichos fenómenos. Otra de sus ramas es la **Termodinámica que estudia la interacción y otras formas de energía** entre sistemas o cuerpos. Finalmente, el **Electromagnetismo** estudia y además unifica **fenómenos eléctricos y magnéticos**.

### Aplicaciones de la Física

Muchos de los resultados que se han obtenido de las ramas de la Física, han sido aplicados a nuestro mundo cotidiano, por ejemplo, la **máquina de vapor** es una de las aplicaciones de los estudios de la termodinámica. Las formas de **comunicación** como la televisión con antena y la radio, son una gran aplicación del electromagnetismo, así como la comunicación por medio de nuestros celulares. Para el caso de los celulares, otra rama de la Física que ayuda a su funcionamiento para utilizar cualquier aplicación y **tomar fotos** es la Mecánica Cuántica. Existen muchas más aplicaciones de la Física, pero vamos a enfocarnos principalmente en una: **la medicina**.

### Física médica: La Física aplicada a la Medicina

Se tiene registro de hace seis mil años atrás en Mesopotamia, donde ya se tenía un conocimiento de cómo tratar con ciertos padecimientos de la salud para poder curarlo; este es el campo principal de la **Medicina**, que consiste en el **diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como su prevención**. A diferencia de la Física, la Medicina tiene mucho más años de investigación y conocimiento, por lo cual, para hablar de su historia, se



<https://pixabay.com/es/illustrations/mano-roentgen-imagen-de-rayos-x-1366938/>



<https://pixabay.com/es/photos/hospital-equipo-medicamento-3098683/>

necesitarían muchas más líneas en este artículo. Para el desarrollo de la Medicina, se ha requerido de **conocimientos de otras áreas** como la **química** (para los medicamentos o tratamientos) y la **biología** (que estudia procesos de carácter biológico). Por otro lado, las **ingenierías** ocupan un papel muy importante en la construcción de dispositivos e instrumentos para poder realizar estudios para el diagnóstico y tratamientos de enfermedades. Estos estudios se basan en fenómenos físicos que ocurren en nuestro organismo, por lo que describir dichos fenómenos es muy importante, o sea, aplicar los conocimientos de la **Física**.

Para realizar ciertos estudios médicos se utiliza la **radiación**, que consiste en sustancias que emiten partículas e interaccionan con los átomos de nuestro organismo; esta es una aplicación de una rama de la Física llamada **Física Nuclear**. Los estudios en Medicina que utilizan sustancias radiactivas se les llaman **invasivos** y son dañinos para la salud, mientras que los estudios que no utilizan radiación son **no invasivos**. Varios estudios son muy útiles para evitar abrir el cuerpo humano, veamos los cuatro principales.

### Radiografías

Este estudio utiliza unas ondas electromagnéticas llamadas rayos X —descubiertos por el físico Wilhelm Röntgen— y, principalmente, se realiza **para diagnosticar fracturas**, es decir, se pueden obtener imágenes de nuestros huesos. Dependiendo de la densidad de las partes del cuerpo, la interacción de estos rayos será distinta, de ahí que en una radiografía se tengan distintas tonalidades de grises, llegando desde blancos hasta negros. Este estudio puede resultar dañino debido a que esa interacción es invasiva.

### Resonancia magnética

En este estudio se utiliza un campo magnético generado por el dispositivo **Imagen por Resonancia Magnética** (MRI, por sus siglas en inglés), el cual interacciona con el *espín* de los núcleos del átomo de hidrógeno (protones) que conforman a las moléculas del agua que se encuentran en el cuerpo humano. De dicha interacción, y con la tecnología que utiliza este dispositivo, es con lo que se generan **imágenes del metabolismo de los órganos** que conforman el cuerpo humano. Este estudio

es un proceso no invasivo, debido a que no utiliza radiación.

### Tomografía por Emisión de Positrones

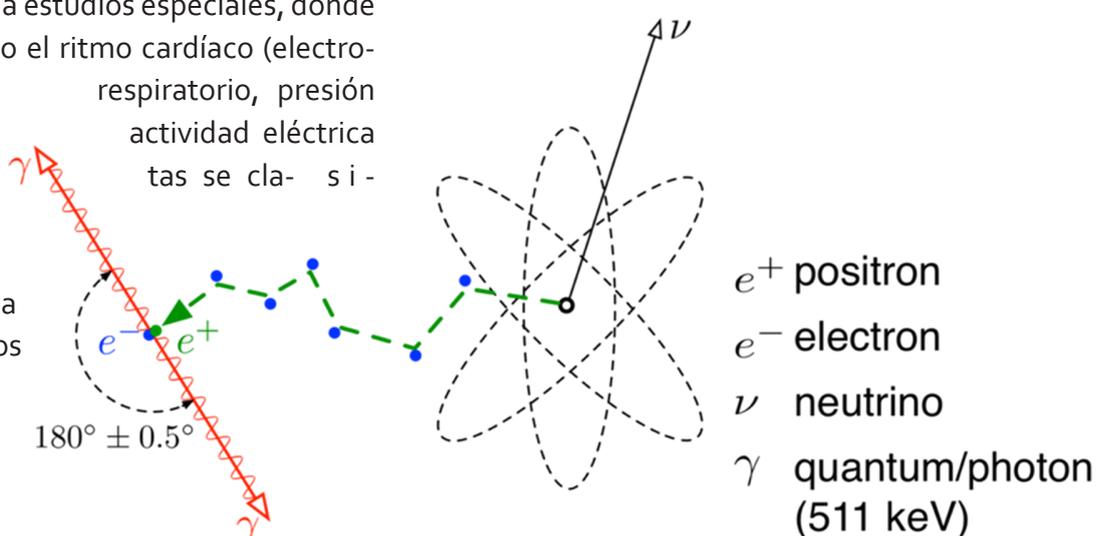
Este estudio utiliza una sustancia radioactiva que se introduce en el cuerpo humano vía intravenosa y, dependiendo de dicha sustancia, empieza a ser más absorbida por el órgano a estudiar. Esta sustancia produce **positrones** (que es la antipartícula del electrón), y cuando un positrón choca con uno de los millones de electrones de los átomos del cuerpo humano, se desintegran y producen dos partículas sin masa llamadas **gammas**. A este fenómeno se le llama **aniquilación de pares**. Estas dos partículas gamma son detectadas por **crisales centelladores** de un dispositivo que lleva por nombre **Tomografía por Emisión de Positrones** (PET, por sus siglas en inglés), el cual **permite observar el metabolismo del órgano a analizar**. A diferencia del MRI, este estudio utiliza radiación (positrones), por lo cual es invasivo.

### Radioterapia

Esta es una técnica de tratamiento oncológico, es decir, para interactuar con células cancerígenas, por lo que utiliza radiación para destruir estas células y evitar que crezcan y se sigan reproduciendo. Esta radiación puede ser rayos X, gamma y partículas como electrones, protones, neutrones y *iones pesados*. Esta técnica es invasiva ya que utiliza radiación.

### Las bioseñales y su relación con la Física

Existen otro tipo de estudios para personas con problemas, ya sean cardíacos, de sueño, de presión arterial, entre otros. En dichos casos, el médico requiere descartar posibles problemas en el organismo y recurre a estudios especiales, donde se miden señales como el ritmo cardíaco (electrocardiograma), flujo respiratorio, presión sanguínea y hasta actividad eléctrica cerebral. Todas estas se clasifican como **bioseñales** (señales biológicas). Nuevamente, la curiosidad humana nos ha llevado a cuestionar cómo entender la actividad eléctrica del cuerpo humano, dando como resultado el análisis



moderno de señales biomédicas que ha permitido saber cómo nuestro cerebro controla cada parte de nuestro cuerpo, desde un **punto de vista cuantitativo y objetivo**, que son las **principales premisas en ciencias**.

Los métodos para medir bioseñales se han basado en **electrodos** que permite la transferencia de cargas eléctricas, conocidas como iones, entre la piel o el tejido (según sea el caso) y el metal del cual se encuentra cubierto el electrodo (típicamente oro, plata o platino). Debido a su importancia médica, revisaremos de manera breve dos de las principales bioseñales.

### Electrocardiografía (ECG)

La ECG es el **estudio de señales del corazón** y ha sido estudiada, de manera formal, desde 1842 por el físico italiano Carlo Matteucci, quien observó la relación entre las señales eléctricas medidas en el pecho de una persona y el latido del corazón. La importancia del estudio de señales ECG, radica en **detectar problemas cardíacos** y su relación con la salud general de una persona en particular, por lo cual, los modernos sistemas de detección se han vuelto cada vez más pequeños y de uso común en relojes y pulseras de mano.

### Electroencefalografía (EEG)

El estudio del EEG se remonta a 1770, cuando el físico italiano Luigi Galvani (sí, el del Galvanómetro) escribió el libro *Investigaciones sobre la electricidad animal*, donde demostró la existencia de electricidad intrínseca en los animales (incluido el humano). Sin embargo, el descubrimiento del EEG se le adjudica a Hans Berger hasta 1924 (la trágica

historia de Berger es digna de revisar). Para el EEG, se colocan electrodos en la superficie de la cabeza buscando el mejor contacto con la piel, usando un gel conductor, en ubicaciones establecidas en relación con zonas conocidas del cerebro que se quieren estudiar. **Las señales que se estudian se conocen como ritmos del cerebro** y se han clasificado con notación griega (ritmos alfa, beta, theta, gamma, etc.). A diferencia del ECG, el uso continuo de electrodos en la cabeza es mucho más incómodo y complicado; no obstante, se desarrollan sistemas portátiles de EEG que ayudan a personas con discapacidad a controlar dispositivos como sillas de ruedas, dictado de texto, etc., usando los ritmos del cerebro antes descritos. Más aún, estos EEG portátiles también se están desarrollando para la detección temprana de ataques por epilepsia en personas con dicha enfermedad neurodegenerativa.

### La Física ayudando a la Medicina

Mencionamos solo algunos ejemplos en los cuales se pueden aplicar fenómenos que estudia la Física, ya sea para diagnosticar enfermedades o bien para dar tratamientos. Debido a que son fenómenos a nivel subatómico, los resultados de la Física Cuántica son aplicados para poder realizar estos estudios. Los fenómenos que son invasivos causan daño en el cuerpo humano, para este caso, la **microdosimetría** se encarga del **estudio de daños biológicos por radiación**, mediante el uso de procesos físicos y químicos.

Realizar un estudio y describir el proceso de forma exacta, es prácticamente imposible, por lo cual los físicos recurren a sim-

plificaciones para poder explicar teóricamente los fenómenos físicos, tales como la interacción del campo magnético con la molécula del agua, esto con la finalidad de ayudar a obtener una mejor precisión de las imágenes.

Vimos que la radiación no solo se usa para diagnosticar, sino también para tratamientos, en ambos casos, se debe de tener mucho cuidado de no afectar a células sanas, ya que la interacción de radiación con los átomos del cuerpo humano debe ser muy bien estudiada, debido a que el rompimiento de las moléculas que lo componen puede producir reacciones químicas en el ADN y se puede generar cáncer. La Física es muy importante en el estudio de este rompimiento.

Así que la próxima vez que vayas a un consultorio médico u hospital, recuerda que **la aplicación de la Física te ayudará a tu recuperación.**



Acervo-aprende\_mx. (2020). 28. *Física médica* [Archivo de Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=icgHvRkUDqY>

Castillo, N. (2019). Medicina nuclear, una herramienta para resolver dudas diagnosticadas. *Ciencia UNAM*. <http://ciencia.unam.mx/leer/843/medicina-nuclear-una-herramienta-para-resolver-dudas-diagnosticadas>

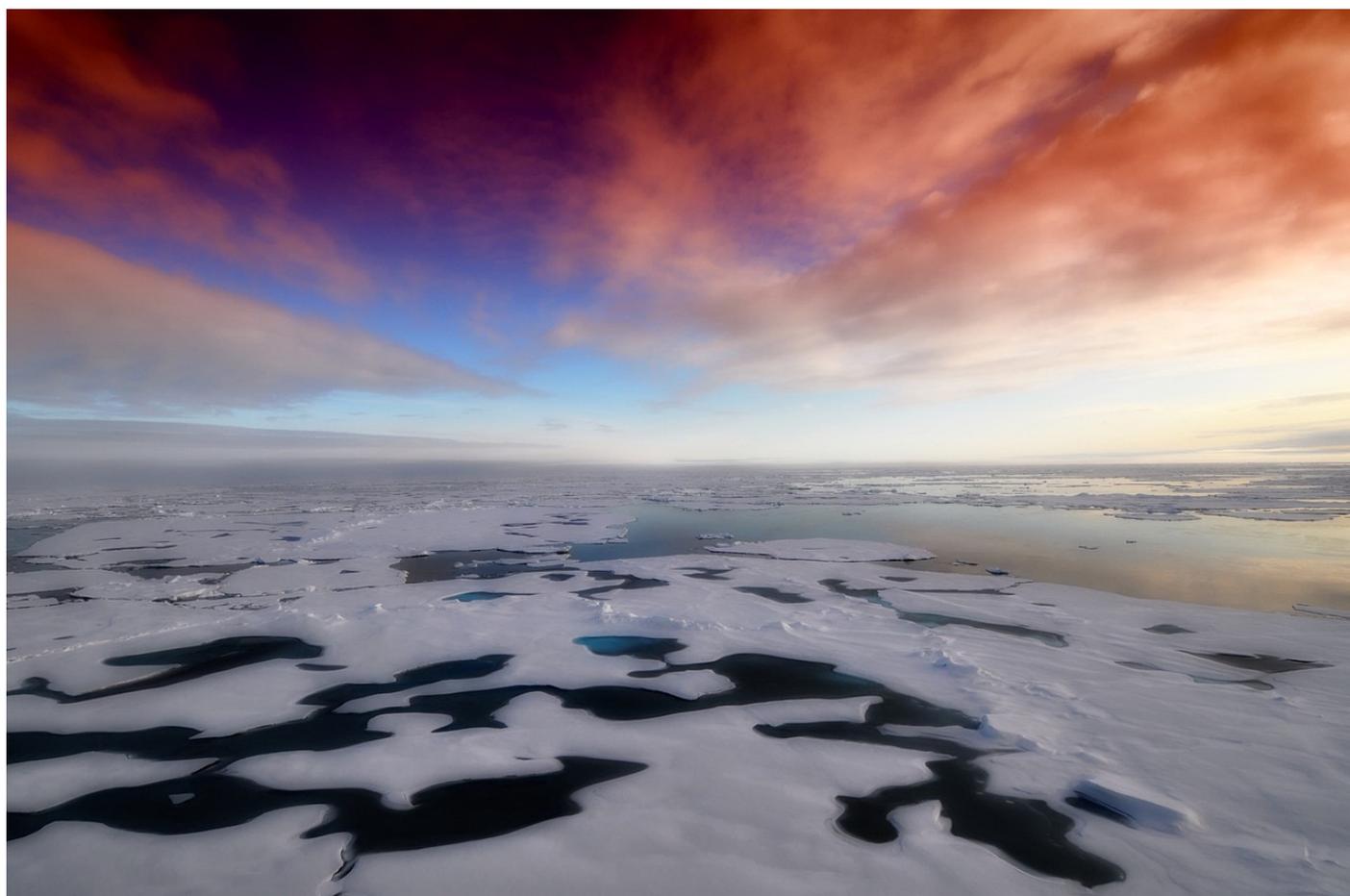
Fye, W.B. (1994). A History of the origin, evolution, and impact of electrocardiography. *The American Journal of Cardiology*, 73(13), 937-949. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8184849/>

UNAM Global. (2017). *La física, aliada de la medicina* [Archivo de Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=CVNOJ18AXWo&t=105>

# ARTÍCULO

## Extremófilos: Biotecnología al extremo

Antonio De León Rodríguez y Víctor E. Balderas Hernández



<https://pixabay.com/es/photos/%C3%A1rtico-mar-oceano-agua-ant%C3%A1rtida-139396/>

**Antonio De León-Rodríguez.** División de Biología Molecular, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. San Luis Potosí, S. L. P., México.

[aleonr@ipicyt.edu.mx](mailto:aleonr@ipicyt.edu.mx)

**Víctor E. Balderas-Hernández.** División de Biología Molecular, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., San Luis Potosí, S. L. P., México.

[victor.balderas@ipicyt.edu.mx](mailto:victor.balderas@ipicyt.edu.mx)

Las condiciones ambientales bajo las cuales la vida prospera las relacionamos a aquellas en las que los humanos, animales y plantas (en su mayoría) crecen y se desarrollan. Esto es, temperatura alrededor de los 25 °C, pH cercano al neutro (entre 5 y 7), oxígeno disponible, presión de 1 atmósfera (atm) y concentración de sal en el rango de la encontrada en el agua dulce y la del mar.

Resultaría difícil creer que pudiera existir vida en sitios cuyas temperaturas superen los 80 °C, o en contraste, inferiores a los 5 °C, o en las profundidades del mar donde se alcanzan 1 000 atm de presión. Para nuestra sorpresa, si buscamos detenidamente, encontraremos una gran diversidad de

microorganismos que categorizamos como **extremófilos**, los cuales tienen la **capacidad de crecer y desarrollarse en ambientes** cuyos valores de temperatura, pH, acidez, nutrientes, metales pesados, salinidad, humedad, concentración de oxígeno o presión atmosférica, son **tan extremos que resultarían hostiles o letales para muchos de los organismos convencionales**, incluidos nosotros los humanos.

Esta definición de extremófilos, como se puede observar, tiene una **visión antropocéntrica**, es decir, consideraríamos como **extremas aquellas condiciones sobre las cuales los humanos no son capaces de sobrevivir**. Sin embargo, esto es relativo a nuestra percepción y costumbres de vida, por ejemplo, alguien que vive en la Huasteca Potosina, donde se alcanzan temperaturas superiores a los 50 °C, o bien los habitantes de las regiones polares donde se pueden alcanzar los -70 °C, son condiciones de vida que seguramente consideraríamos extremas si las comparamos con las condiciones de zonas templadas. Como bien dijo el científico y divulgador Neil de Grasse Tyson: «Si hubiera biólogos {viviendo} entre los organismos que habitan en condiciones extremas, seguramente ellos se clasifi-

carían como normales y cualquier vida que prosperara a temperatura ambiente la considerarían como un extremófilo».

### Extremófilos fantásticos, ¿dónde encontrarlos?

Sitios con ambientes tan extraordinarios como las profundidades de la tierra, a unos 6 km al interior de la corteza terrestre, o en los abismos del mar, como la Fosa de las Marianas (a 11 km de la superficie) en donde se alcanzan presiones superiores a 1 100 atm, o bien en nichos muy ácidos (pH=0) como el lago color turquesa del cráter del volcán Kawah Ijen en Indonesia, o en sitios muy alcalinos (pH 12.8) como drenajes de desechos mineros, o en sitios con salinidad excesiva como en las salineras de Maras, en Cusco Perú, o en nichos con temperaturas elevadas como los géiseres con temperaturas arriba de 90 °C. De modo interesante, en todos estos sitios se han logrado aislar y caracterizar poblaciones de extremófilos, incluyendo bacterias, arqueas e incluso eucariontes que ahí habitan.

Con base en las condiciones físicas extremas como el **pH ambiental**, tenemos a los microorganismos **acidófilos** (pH<5) e **hiperacidófilos** (pH<3), mientras que al otro extremo de la escala encon-



<https://pixabay.com/es/photos/m%C3%A9xico-yucatan-cenote-naturaleza-2145712/>

<b>Temperatura</b>	Psicrófilo (<20°C)	Mesófilo (20-45°C)	Termófilo (45-80°C)	Hipertermófilo (>80°C)	P O L I E X T R E M Ó F I L O	
<b>pH</b>	Hiperacidófilo (<3)	Acidófilo (3-5)	Neutrófilo (5-9)	Basófilo (9-11)		Hiperbasófilo (>11)
<b>Salinidad</b>	No Halófilo (<1.2% NaCl)	Halotolerante (1.2-2.9 %NaCl)	Halófilo (2.9-8.8 %NaCl)	Hiperhalófilo (>14.6 %NaCl)		
<b>Presión</b>	Barotolerante (1-98 atm)	Barófilo (98-494 atm)	Hiperbarófilo (>494 atm)			
<b>Actividad del agua</b>		Osmófilo (<0.6 a <sub>w</sub> )	Xerófilo (<0.7 a <sub>w</sub> )			
<b>Radiación</b>		Radiotolerante (UVR >220 J/m <sup>2</sup> )				

Clasificación de los extremófilos de acuerdo con los límites físicos y geoquímicos. Imagen: Víctor E. Balderas-Hernández.

tramos a los **alcalófilos** (pH>9) e **hiperalcalófilos** (pH>11). En lo que corresponde a la **temperatura de crecimiento** tenemos a los microorganismos «amantes del frío» conocidos como **psicrófilos**, cuya temperatura óptima de crecimiento es menor a los 20 °C, mientras que en contraste tenemos a aquellos microorganismos con temperaturas de crecimiento óptimas mayores a los 80 °C, denominados **hipertermófilos**. Y así sucesivamente al situarnos en los rangos de la escala de concentración de sales en el medio, presión atmosférica, cantidad de agua y radiación, encontraremos más extremófilos.

Interesantemente, un grupo de **microorganismos capaces de tolerar diversas condiciones adversas en forma combinatoria**, se les conoce como **poliextremófilos**. Por ejemplo, en 2005, la bacteria *Natranaerobius thermophilus* se aisló del lago hipersalino y rico en bicarbonatos localizado en Uadi Natrun, Egipto. Dicha bacteria tiene como requerimientos de crecimiento temperatura de 53 °C, pH de 9.5 y una concentración elevada de sodio (4 M) en el medio, es decir, es **termófila, alcalófila y halófila**. Gracias a dicha tolerancia múltiple, este microorganismo se ha estudiado ampliamente, obteniéndose información sobre las necesidades moleculares y estructurales para la tolerancia a condiciones tan inhóspitas.

El aislamiento de extremófilos a partir de ambientes tan particulares es un reto tanto tecnológico como de infraestructura, ya que se requiere **llevar a ellos de la forma menos invasiva posible** y, posteriormente, el gran reto es recrear en el laboratorio las condiciones nutrimentales y ambientales en las que habitan para poder crecerlas, mantenerlas y estudiarlas.

#### En la peculiaridad está su virtud extrema

Para el caso de los extremófilos se ha entendido que muchas de sus biomoléculas contienen **características muy peculiares que les permiten funcionar y ser estables**, por ejemplo, sus proteínas presentan una **mayor cantidad de enlaces intramoleculares** que le permiten tener una estructura más compacta y con ello más estable a desnaturalización por presencia de agentes químicos o cambios ambientales.

Referente a la adaptación a **bajas temperaturas**, se ha descrito que **microorganismos psicrófilos sintetizan proteínas anticongelantes**, las cuales tienen la capacidad de unir cristales de hielo con lo cual modifican la forma en la cual cristalizan, disminuyendo así el crecimiento de dichos cristales para evitar el **congelamiento celular**. Además, se ha identificado la producción de compuestos que aumentan la crioprotección, como el 2,3-butano-

diol, solvente que actúa como anticongelante evitando la formación de cristales de hielo. Otra característica que se ha descrito en microorganismos psicrófilos, es la **síntesis de pigmentos**, los cuales **protegen de radiación ultravioleta (UV) extrema**, y ayudan a captar calor solar favoreciendo la solubilización de agua y nutrientes alrededor del microorganismo.

### Biotecnología al extremo

El estudio de los extremófilos es de gran interés para entender los mecanismos moleculares responsables de tan extraordinarias habilidades de tolerancia. Además, son fuente para la búsqueda de enzimas, las cuales funcionan como catalizadores de reacciones, así como de otras moléculas que presenten una estabilidad mejorada, es decir, que trabajen bajo condiciones prohibitivas y que puedan entonces ser aplicadas para la obtención de beneficios y de nuevas aplicaciones industriales. En este sentido, la **biotecnología**, que se define como el **uso de sistemas vivos, células o sus derivados (enzimas, moléculas, metabolitos) para la generación de productos y servicios específicos**, ha encontrado un **nicho importante a partir de los microorganismos extremófilos**.

Se ha tenido especial enfoque en el estudio y aislamiento de las **extremoenzimas** (enzimas denominadas así por ser obtenidas de microorganismos extremófilos), ya que han tenido una **amplia aplicación en diversos campos de la catálisis**

**industrial**. Muchos de los procesos industriales en los cuales se requiere la acción de una enzima se llevan a cabo bajo condiciones de reacción hostiles como temperaturas altas o bajas, concentraciones altas de sal, o de solventes corrosivos o de metales pesados, o bien valores de pH con carácter ácido o básico. Dichas condiciones no son aptas para el correcto funcionamiento de muchas enzimas procedentes de organismos mesófilos o neutrófilos, por ello, las extremoenzimas se presentan como la alternativa de elección, ya que son tolerantes a desnaturalización por la acción de estas condiciones hostiles de reacción. Curiosamente, algunas extremoenzimas tienen una mayor actividad catalítica cuando se eleva la temperatura de reacción, como se ha observado para las extremoenzimas psicrófilas en comparación con las mesófilas, e inclusive las termófilas. El uso de extremoenzimas ha permitido el desarrollo de aplicaciones y procesos industriales más específicos, **más económicos y con mayor productividad**.

### Un termófilo y el ataque de los clonados

En los años 2020 y 2021, el mundo conoció y reafirmó la importancia de la reacción en cadena de la **polimerasa o PCR** (por sus siglas en inglés) para la detección del coronavirus SARS-CoV-2. La técnica de la PCR se inventó a mediados de los 80 por el Dr. Kary Mullis y, gracias a esta invención, el campo de la Biología Molecular avanzó enormemente. Esta técnica nos permite **clonar ADN**, es decir, generar

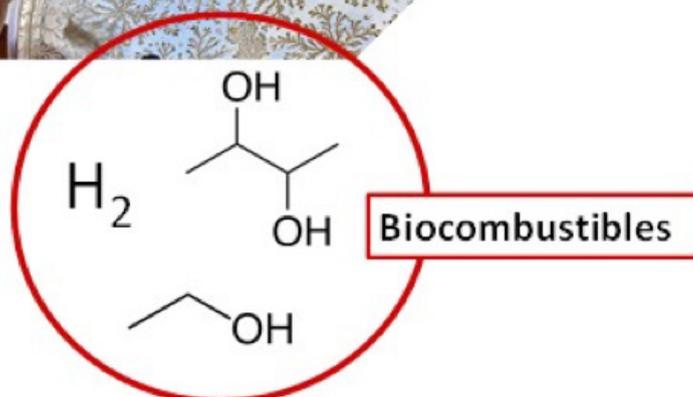


Imagen: Víctor E. Balderas-Hernández.



Imagen: Víctor E. Balderas-Hernández.

miles de copias de una secuencia de ADN determinada. Para que esto suceda, uno de los requisitos es elevar la temperatura de la reacción hasta los 96 °C, con ello, la enzima ADN polimerasa, encargada de copiar y sintetizar la nueva cadena de ADN, deberá ser estable y funcional a dicha temperatura. La extremozima seleccionada para dicha tarea fue la **Taq I ADN polimerasa, procedente de la bacteria termófila *Thermus aquaticus***, la cual se había aislado en 1967 de las fuentes termales del parque nacional de Yellowstone, en Estados Unidos. Esta enzima tiene como temperatura óptima los 70 °C y mantiene una actividad enzimática casi del 100 %, aun cuando la temperatura de reacción se eleva a los 100 °C. Gracias a dichas características de termotolerancia, es que esta proteína se produce a escala industrial, a la vez que abrió el camino para **descubrir otras ADN polimerasas termotolerantes**, lo que permitió generar variantes de la técnica de PCR ampliando sus aplicaciones.

#### Biocatalizadores calientes y fríos

Además de las polimerasas de ácidos nucleicos, existe en el mercado un gran número de enzimas termófilas e hipertermófilas con diversas aplicaciones industriales. Los géneros *Thermus*, *Thermoascus* y *Streptomyces*, por mencionar algunos, han sido fuente para la obtención de **extremoenzimas termófilas** del tipo amilasas, glucosa

oxidasas, proteasas, lipasas y pectinasas, las cuales **se aplican ampliamente en la industria alimentaria**, en la producción de jarabes y jugos, así como en la producción de cerveza. **Otro grupo de extremoenzimas** (xilanasas, lacasas, lipasas, esterasas, celulasas y hemicelulasas) **se emplean en la industria del blanqueamiento del papel**, ya que para la producción de la pulpa, que es el material celulósico base, es necesario emplear temperaturas mayores a los 80 °C, pH alcalino y la aplicación de reactivos corrosivos, como el cloro o el hidróxido de sodio. En este sentido, el uso de extremoenzimas alcalófilas y termófilas, permite generar **procesos de producción menos contaminantes y más eficientes**.

En el otro extremo de la escala del termómetro, se cuenta con enzimas psicrófilas que tienen temperaturas óptimas entre 4 y 25 °C. **Psicroenzimas** del tipo lipasas, proteasas y amilasas, se encuentran comercialmente **disponibles para la elaboración de detergentes**. Dichas enzimas se encargan de la eliminación de manchas a base de grasas, proteínas y carbohidratos, respectivamente, usando agua fría o a temperatura ambiente, lo que conlleva a un **impacto energético positivo al eliminar la necesidad de aplicar calor**. Inclusive, muchas de estas extremoenzimas deben tener tolerancia a pH alcalino (7-11) y preferentemente tolerancia a sustancias como blanqueadores y al alto contenido de sales.

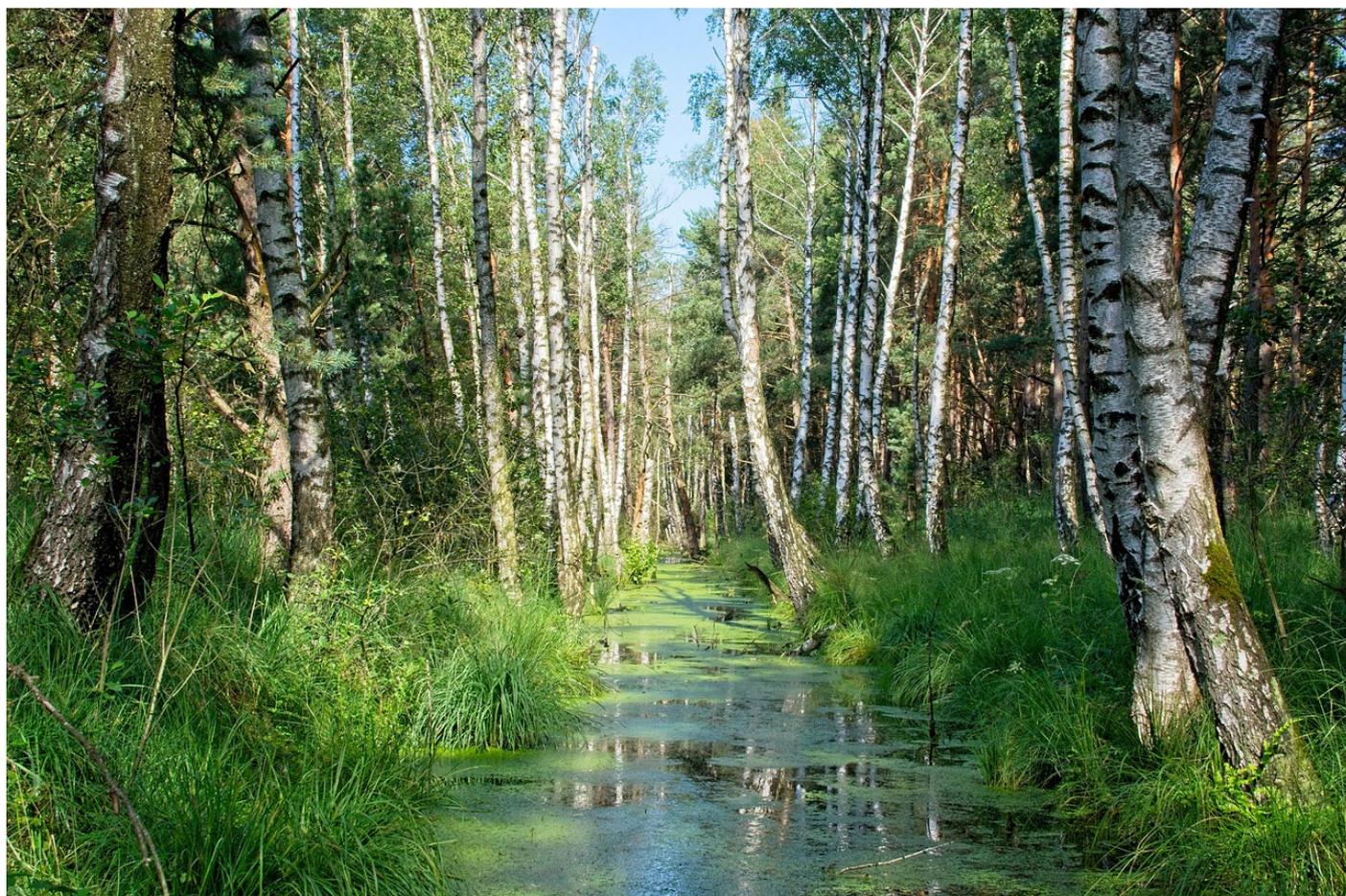
También, algunos microorganismos **psicrófilos**, se han empleado para la **producción de metabolitos de interés**. En nuestro grupo de trabajo se aisló y caracterizó una colección de microorganismos procedentes del Glaciar de Collins, en la Antártica. Entre ellos, los aislados **GAoF** (U636050, filogenéticamente relacionado a *Pseudomonas antarctica*) y **N92** (EU636058, filogenéticamente relacionado a *Pseudorhodobacter* sp), son capaces de producir de forma simultánea, y con altos rendimientos, biohidrógeno, bioetanol y 2,3-butanodiol, los cuales tienen **amplia aplicación como biocombustibles**. Además, estos psicrófilos son capaces de consumir carbohidratos presentes en desechos agroindustriales para la producción de biocombustibles a temperatura ambiente, evitando así la necesidad de gasto energético por calentamiento, **generando procesos alternativos para la producción de biocombustibles de una forma rentable y más amigable con el ambiente**.

#### Biotecnología con sabor a sal

Los microorganismos halófilos provenientes de sitios hipersalinos, interesantemente, son microorganismos poliextremófilos con tolerancia

a sequía, altas presiones, bajas condiciones nutritivas, pH hiperalcalinos, bajas temperaturas, alta radiación solar, entre otros. Para hacer frente a tan diversos estresores, producen y acumulan metabolitos intracelulares para la protección de sus biomoléculas del daño ocasionado por el shock osmótico, o por desecación o por temperaturas extremas. Un ejemplo de extremolito (compuesto que se produce bajo condiciones extremas) protector, es el compuesto ectoína, que se produce en altas concentraciones bajo estrés osmótico. Con ello, **la ectoína se ha convertido en un compuesto de alta demanda** que se produce de forma industrial para la **formulación de productos para el cuidado de la piel**, protectores solares y coadyuvantes para dosificación de medicamentos cutáneos y oculares. A gran escala, la ectoína se produce principalmente por la halobacteria *Halomonas elongata*, así como por otras especies como *H. titanicae*, una halobacteria aislada de los restos del Titanic en 2010, y en la cual se identificó la presencia y funcionalidad de la ectoína como extremolito protector.

En nuestro grupo de trabajo se aisló y caracterizó un grupo de microorganismos procedentes de una salinera localizada en el municipio de Santo



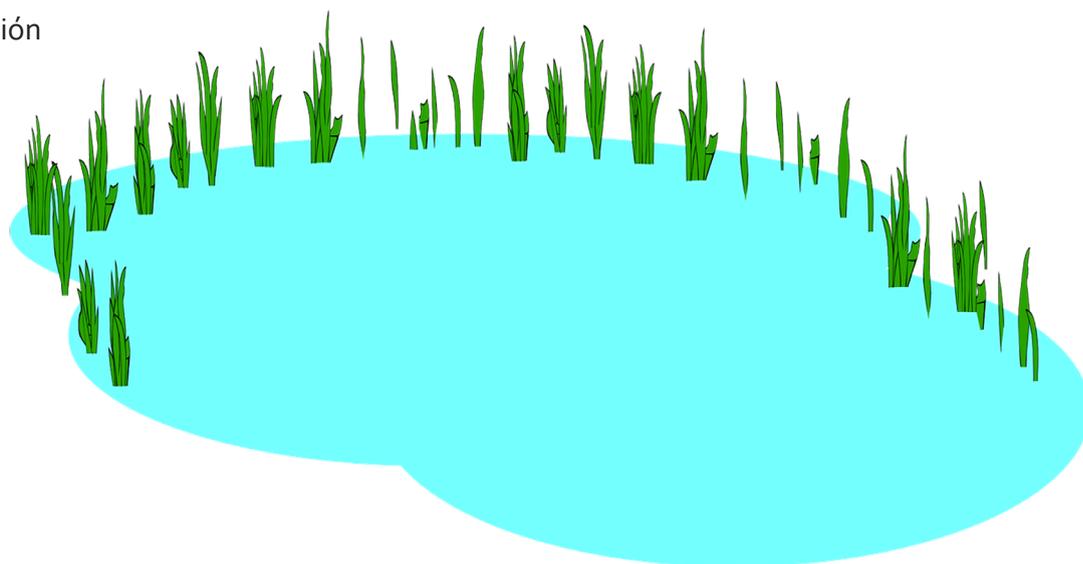
Manfred Antranias Zimmer en Pixabay

Domingo, en San Luis Potosí, México. La mayoría de estas bacterias se categorizaron como **hiperhalófilas**, tolerando concentraciones superiores al 18 % de NaCl en el medio. Como parte de su caracterización, estas bacterias **se emplearon para la biodegradación de un grupo de contaminantes emergentes conocidos como ftalatos, que son plastificantes que se emplean en la fabricación de una gran variedad de productos plásticos**; sin embargo, estos plastificantes se han distribuido y acumulado en efluentes, cuerpos de agua, suelos, sedimentos marinos y en organismos como peces, plantas y en el mismo humano, representando una problemática ambiental y de salud a nivel global. Curiosamente, un consorcio de las halobacterias aisladas de la salinera, presentaron la **capacidad metabólica para consumir los ftalatos** como fuente de carbono, degradando casi en su totalidad (99 %) estos compuestos del medio de crecimiento, sin la generación de co-productos tóxicos. La completa degradación del compuesto di-isononil-ftalato, se llevó a cabo por la acción sincronizada de halobacterias de los géneros *Serratia*, *Methylobacillus*, *Achromobacter* y *Pseudomonas*. Dicho estudio aportó nueva información sobre el uso de estos microorganismos halotolerantes para la degradación de contaminantes emergentes, alternativos a otros procesos que no son

específicos, son más costosos y que además generan co-productos más tóxicos que los originales

### Los extremófilos son microorganismos extraordinarios, pero ¿Para quién?

Como hemos constatado, los extremófilos son microorganismos extraordinarios cuyas características y mecanismos de tolerancia nos **han permitido obtener avances científicos de gran importancia**, los cuales se han traducido en la generación de productos y servicios que **mejoran la calidad de vida** y permiten dar **solución a problemas complejos**. El estudio de nuevos nichos extremos como sitios a los cuales no ha llegado el hombre, permitirá seguir descubriendo nuevos integrantes de este selecto grupo de extremotolerantes. Las nuevas técnicas de análisis masivo de ADN, proteínas y/o metabolitos, procedentes de estos nichos hostiles, permitirán hacer minería de genes, proteínas y compuestos de interés para encontrar nuevas extremoenzimas y extremolitos sin la laboriosa necesidad de tener que hacer crecer los microorganismos en el laboratorio, contribuyendo así a la generación de conocimiento y nuevos productos comerciales.



Álvarez-Guzmán, C.L. y De León-Rodríguez, A. (2020). Bacterias amantes del frío para producir biocombustibles. *Universitarios Potosinos*, 12(195), 12-16. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Doce/Universitarios%20Potosinos%20195.pdf>

Pereyra-Camacho, M.A., Balderas-Hernández, V.E. y De León-Rodríguez A. (2021). Biodegradation of diisononyl phthalate by a consortium of saline soil bacte-

ria: optimisation and kinetic characterisation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(8), 3369-3380. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-021-11255-5>

Ramos, R.J.M. (2020). Organismos extremófilos: ambientes y características. *Innovación y Ciencia*, 27(4). [https://innovacionyciencia.com/articulos\\_cientificos/organismos-extremofilos-ambientes-y-caracteristicas](https://innovacionyciencia.com/articulos_cientificos/organismos-extremofilos-ambientes-y-caracteristicas)

## ARTÍCULO

# Xenotrasplante: Trasplante de órganos de animales a humanos

J. Betzabe González-Campos



*J. Betzabe González-Campos.* Profesora-Investigadora del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[jbgonzalez@umich.mx](mailto:jbgonzalez@umich.mx)

**E**l trasplante de órganos es una alternativa que surgió hace algunos siglos para sustituir un órgano o tejido enfermo por otro que funcione adecuadamente, con el objetivo de mejorar la salud o el aspecto físico de un paciente. Este procedimiento ha permitido a un gran número de personas seguir viviendo o mejorar su calidad de vida. Los especialistas dicen que **los órganos de una persona donante pueden salvar o ayudar hasta 50 personas**. Los órganos que se pueden donar son: riñones, corazón, hígado, páncreas, intestinos, pulmones, piel, hueso, médula ósea y córnea. La mayoría de las donaciones se dan cuando el donante fallece, pero **algunas de ellas pueden ser en vida**.

De acuerdo al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), al 22 de septiembre de 2021, en esta institución se realizaron mil 69 trasplantes, entre ellos: 489 de riñones, 407 de córneas, 128 de médula ósea, 34 de hígado y 11 de corazón; mientras que al 29 de septiembre del mismo año, en el Registro General de Trasplantes, el IMSS tenía inscritos a 13 mil 993 pacientes en espera de un riñón, mil 971 de córnea, 68 de hígado y 28 de corazón.

En México existe una **amplia demanda de trasplantes de corazón e hígado**, lo que está íntimamente ligado a la prevalencia que tenemos de **diabetes y su relación con la hipertensión arterial y la insuficiencia renal**. El trasplante de órganos en muchos de los casos es la única alternativa que tienen los pacientes; sin embargo, la **baja tasa de donación** y, por ende, la baja disponibilidad de órganos, hace que anualmente un **gran número de personas pierdan la vida en espera de un trasplante**. A nivel mundial la situación no es muy diferente, por lo que se han buscado alternativas para tratar de salvar la mayor cantidad de vidas posibles.

### Historia de trasplante de órganos

La idea de reemplazar órganos enfermos ha existido desde hace miles de años, incluso algunas pinturas famosas sugieren el trasplante de una pierna por los médicos santos del siglo III, Cosme y Damián. Existe una gran historia al respecto, pero algunos de los datos más relevantes incluyen el reporte del **primer riñón trasplantado con éxito en 1954**, mientras que los **trasplantes de corazón y páncreas** se realizaron con éxito **a finales de la década de los sesenta**. En la **década de los ochentas se realizó un trasplante de pulmón**, y fue en esa época cuando se estableció el potencial rechazo de órganos; a partir del estudio de estos efectos de rechazo, con el paso de los años se han logrado trasplantes cada vez más exitosos.

En el siglo pasado se describió el concepto de muerte cerebral en humanos, lo que dio paso a la era de los trasplantes cadavéricos. El éxito de este procedimiento, con el uso de inmunosupresores para evitar el rechazo del órgano por el cuerpo del paciente receptor, hicieron de esta opción el mejor



tratamiento para varias enfermedades potencialmente mortales. Pero la escasez de donantes, se ha convertido en un problema, por lo que se han considerado **diferentes alternativas** para su solución, entre ellas el **xenotrasplante**.

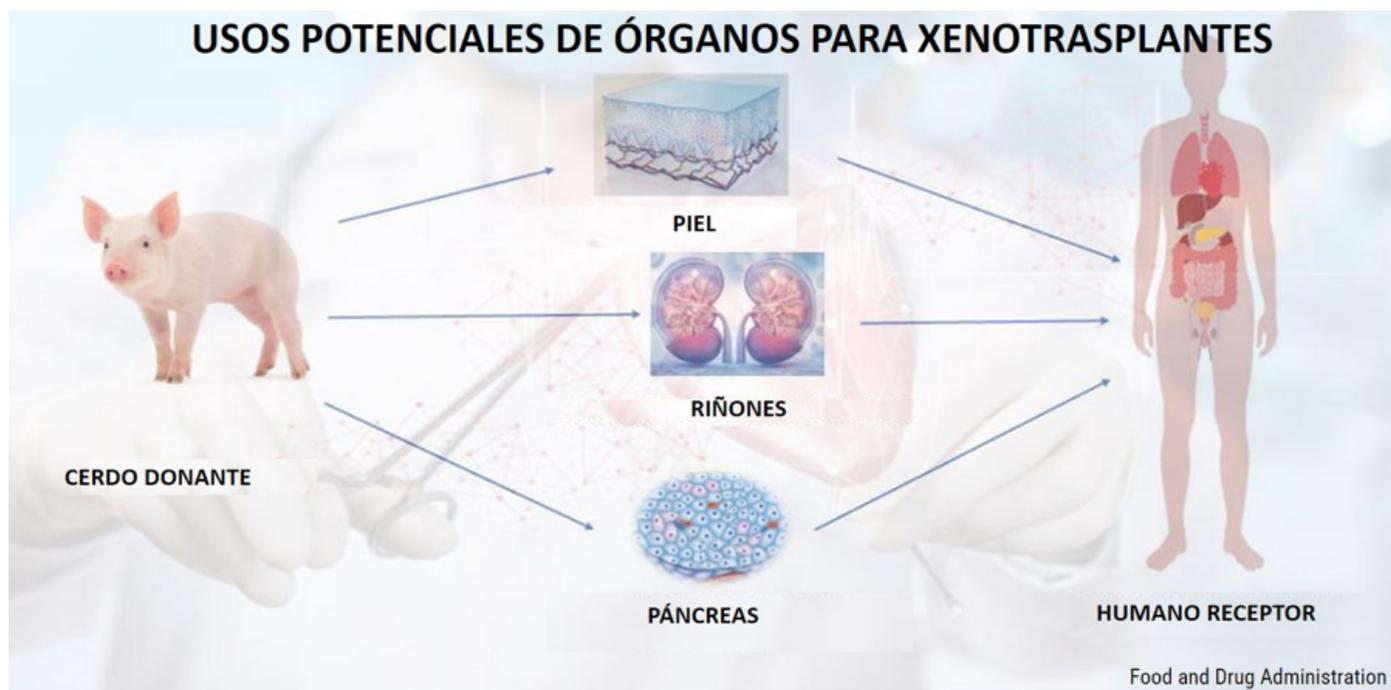
**Xenotrasplante: Una alternativa a la escasez de órganos**

Los **xenotrasplantes** —del griego *xenos*, que significa 'extraño' o 'extranjero'— son el proceso en el cual se realiza un **trasplante de órganos entre especies distintas**. Este procedimiento puede implicar el trasplante, la implantación o la infusión en un receptor humano de células, tejidos u órganos vivos de **una fuente animal no humana**. También, incluye procedimientos que impliquen fluidos corporales humanos, tejidos celulares u órganos que tengan contacto *ex vivo* con células, tejidos u órganos no humanos. El trasplante de especies cruzadas es una perspectiva que se ha estudiado desde hace muchos años, ya que puede ofrecer un suministro ilimitado de órganos y células para el trasplante clínico. La finalidad de esta técnica **no es suplir a los órganos de donantes vivos** o de pacientes clínicamente muertos, sino más bien **conseguir tiempo extra de supervivencia** a las personas que necesitan un órgano y se encuentran en lista de espera.

En los XVII y XVIII se probó la *xenotransfusión*, y se **experimentó con el uso de injertos de piel, especialmente provenientes de las ranas**. La

historia del *xenoimplantación* ha involucrado células y tejidos como sangre, huesos y piel. En 1906, Mathieu Jaboulay, registró el primer trasplante de un injerto renal de cerdo implantado en el codo izquierdo de una mujer de 50 años, quién padecía de insuficiencia renal terminal. En los años veinte, Voronoff, un médico de origen ruso, propuso trasplantar injertos de testículo de chimpancé en hombres para «recuperar» el vigor sexual. Aplicó esta técnica a más de dos mil pacientes, en la cual injertaba pequeñas láminas de tejido testicular de chimpancé en el escroto, de tal manera que ambos tejidos terminaban fundiéndose. Al paso de los años, Voronoff fue finalmente calificado como charlatán y muchos años después sería señalado como el culpable de la introducción del virus causante del SIDA en el ser humano a través de sus polémicos injertos.

En 1963, Reemtsma trasplantó riñones de chimpancé a 13 pacientes con insuficiencia renal; uno de ellos vivió nueve meses, pero murió repentinamente, lo que se creyó fue a causa de un trastorno electrolítico. En 1964, los doctores James D. Hardy y C.M. Chavez, de la Universidad de Mississippi, trasplantaron el corazón de un chimpancé a un paciente, mismo que latió en el cuerpo del hombre durante 90 minutos antes de detenerse. En 1984, se reportó en el Centro Médico de la Universidad de Loma Linda, en California, el caso de un trasplante de corazón de babuino a una bebé, quien sobrevivió durante 21 días, para finalmente experimentar





Tomado de: <https://diariosanitario.com/xenotrasplante/>

el rechazo del órgano y morir. En 1992 se reportó la supervivencia, durante 70 días, de un paciente trasplantado con un hígado de babuino.

En el siglo XX se llevaron a cabo numerosos intentos de trasplante de órganos de primates no humanos a pacientes; sin embargo, en los años ochenta y años posteriores, los virólogos se mostraron muy reacios a utilizar primates superiores como donantes, debido al posible paralelismo con la infección de virus causante del SIDA, que pudieron haber transmitido a los humanos.

### Los cerdos, la opción más viable

A lo largo del siglo pasado y de lo que llevamos de este, ha habido innumerables intentos infructuosos de trasplantar órganos animales al cuerpo humano. La alternativa del **uso de órganos de cerdos para xenotrasplantes**, fue la siguiente opción después de los primates no humanos, esto debido a que el cerdo tiene muchas **similitudes anatómicas y fisiológicas con el ser humano**; de acuerdo a las investigaciones, el tamaño, la eficiencia y la fisiología del corazón y de los riñones de los porcinos son

muy similares a los del hombre. Además de que los cerdos son más fáciles de criar, paren muchas crías a la vez y su ciclo de vida es mucho más corto que el de un chimpancé, por lo que **no hay que esperar 20 años por un órgano maduro**.

El trasplante de válvulas cardíacas, tejidos cutáneos y células pancreáticas de cerdos a seres humanos, ha sido posible. Pero trasplantar un órgano de especies distintas no es fácil ya que **el sistema inmunitario del receptor normalmente rechazará el órgano de otra especie** al detectarlo como un cuerpo extraño; el rechazo puede ser fulminante, a medio o a largo plazo. Con los avances de la ingeniería genética se ha tratado de engañar al sistema inmunitario, realizando modificaciones genéticas en las células del animal donante.

### Xenotrasplantes en la actualidad

En 2016 se reportó que un joven de 14 años recuperó la vista gracias a un trasplante de córnea de cerdo realizado en el Centro de Oftalmología de la Universidad de Sun Yat-sen, en la ciudad china de Guangzhou. Esta investigación inició en 2003 por la

Compañía de Ingeniería de Córnea Ainier, en Shenzhen, y la Cuarta Universidad Médica Militar; en 2010 se llevaron a cabo pruebas clínicas en 100 pacientes de cuatro hospitales en Beijing y Wuhan, de los cuales 94 recuperaron una parte o por completo la vista. En abril de 2016, la compañía consiguió la aprobación por parte de la Administración de Alimentos y Medicinas de China del primer producto comercial de este tipo, el cual ha sido producido en masa.

El trasplante **más reciente ocurrió en enero de 2022** en el Centro Médico de la Universidad de Maryland. El corazón de un cerdo modificado genéticamente fue trasplantado a David Bennett, un estadounidense de 57 años. Para poder trasplantar el corazón, **se extrajeron tres genes responsables de que el sistema inmunitario rechace los órganos de cerdo**, y se eliminó un gen para evitar el crecimiento excesivo del tejido del corazón del cerdo. Además, se insertaron seis genes humanos responsables de la aceptación inmunológica al corazón del cerdo. El paciente vivió durante dos meses, pudo comunicarse y pasar tiempo con su familia y participar en fisioterapia.

### La donación de órganos, la mejor opción

Como puedes observar, aunque los avances de los *xenotrasplantes* han sido muchos durante los últimos años, aún queda un largo camino para que sea una opción que otorgue más tiempo de vida a las personas que requieren un órgano. Pero también, hay otros aspectos que discutir respecto de este tema, ya que **el alargar la vida de las personas por esta vía implica sacrificar a un ser vivo de otra especie**. A pesar de esta y otras alternativas existentes para salvar la vida de personas que requieren un trasplante, los expertos advierten que la donación de órganos, tejidos y células sigue siendo, por mucho, la mejor opción.

La **donación** es un acto totalmente altruista y el **mayor acto de amor y bondad entre los seres humanos**, ya que es posible ayudar a muchas personas a seguir viviendo o a mejorar su calidad de vida a través de nuestro cuerpo, cuando nuestra alternativa de vida ya no es viable. Pero **es un tema que pocas veces nos detenemos a pensar**, ¿cierto? Te pregunto: ¿Estarías dispuesto a donar tus órganos para dar vida a otras personas? ¿Alguna vez lo has platicado con tu familia? Y ¿Qué pasaría si tú requirieras de un trasplante? Te invito a reflexionar al respecto y a platicarlo con tu familia.



InspiredImages en Pixabay



Aristizabal, A.M., Caicedo, L.A., Martínez, J.M., Moreno, M. y Echeverría, G.J. (2017). Xenotrasplantes, una realidad cercana en la práctica clínica: Revisión de la literatura. *Cirugía Española*, 95(2), 62-72. <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-articulo-xenotrasplantes-una-realidad-cercana-practica-S0009739X16302214>

Cueva del, C.J.F., Osuna, J.F., Elizondo, F., Pérez, O.,

Pérez, A., Hernández, S. y Mejía, C. (2007). Aplicación de xenoinplante para el tratamiento de defectos óseos, tumores benignos, pseudoartrosis y artrodesis. (Reporte preliminar). *Acta Ortopédica Mexicana*, 21(1), 31-36. <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2007/oro71g.pdf>

FDA. (2021). Xenotransplantation. <https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/xenotransplantation>

## ARTÍCULO

## Energías renovables y su relevancia en México

David Antonio Fierro-Farías y Eduardo Salvador Bañuelos-Cabral



<https://pixabay.com/es/photos/persona-pera-bombilla-sol-3062271/>

**David Antonio Fierro-Farías.** Estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica. CUCEI, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

[david.fierro7464@alumnos.udg.mx](mailto:david.fierro7464@alumnos.udg.mx)

**Eduardo Salvador Bañuelos-Cabral.** Profesor-Investigador del Departamento de Ingeniería Mecánica Eléctrica. CUCEI, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

[eduardo.banuelos@academicos.udg.mx](mailto:eduardo.banuelos@academicos.udg.mx)

**¿Sabes de dónde viene la energía eléctrica que usamos en casa? Aquí te lo platicamos**

**E**n México, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y otros entes privados, son las empresas encargadas de producir la electricidad que consumimos. Existen varias formas para producirla, ya que es posible usar combustibles fósiles, gas, mediante el agua almacenada en presas, ríos, el viento, el sol, o incluso el mar. Por otro lado, seguro has escuchado los términos **energías renovables, energías limpias** o **energías alternativas**, pero ¿Sabes a qué se refieren cada una de ellas?, ¿las usamos en México? A continuación respondamos a estas preguntas.

**Primero, ¿cómo se produce la electricidad en México?**

La generación de energía eléctrica se basa en encontrar algún fenómeno físico que nos permita extraer un tipo de energía para transformarla en eléctrica, esto mediante máquinas de transformación como generadores, fotoceldas, calderas, motores, turbinas, etc. ¿Puedes imaginar la fuerza que tiene el agua en una cascada o en la corriente de un río? Esta fuerza se puede usar para mover enormes generadores y a este tipo de tecnología de generación se le conoce como **hidráulica**. Cuando usamos el viento para mover grandes aspas, se le llama **eólica**. Cuando se colocan paneles solares en grandes terrenos para aprovechar la radiación solar, se le conoce como **fotovoltaica**. Incluso, el movimiento se puede generar calentando grandes volúmenes de agua para que el vapor generado accione turbinas; aquí, dependiendo del método usado para calentar el agua, tenemos los tipos de generación por carbón, combustibles fósiles, gas natural, biomasa, nuclear o procesos en los que interviene la combustión. En estos, al quemar cierta sustancia se genera el movimiento requerido mediante la generación de vapor. Este último procedimiento es utilizado en

procesos como turbo gas, ciclo combinado o térmica convencional, donde interviene la quema de carbón, aceite, petróleo o gas natural.

**Ahora, ¿cómo se clasifican las fuentes de energía?**

En el ámbito de la generación, las fuentes de energía se clasifican en convencionales y alternativas. Se conoce como **energías convencionales** a las que han liderado la producción de electricidad en las últimas décadas y que, generalmente, basan su funcionamiento en la quema de alguna sustancia o material combustible como gas, petróleo, aceite, carbón, etc. Desgraciadamente, contribuyen en gran medida a la **contaminación del medio ambiente**, expulsando gases perjudiciales directamente a la atmósfera. Buscando una solución a este problema, es como nace la clasificación de **energías alternativas**, que son todas aquellas cuya finalidad es sustituir la quema de combustibles fósiles y su producción de gases contaminantes, proporcionando un **camino viable y sustentable** para la obtención de energía eléctrica.

Dentro de la clasificación de energías alternativas se encuentra el término de **energías limpias**, que tienen un **bajo o nulo impacto ecológico**

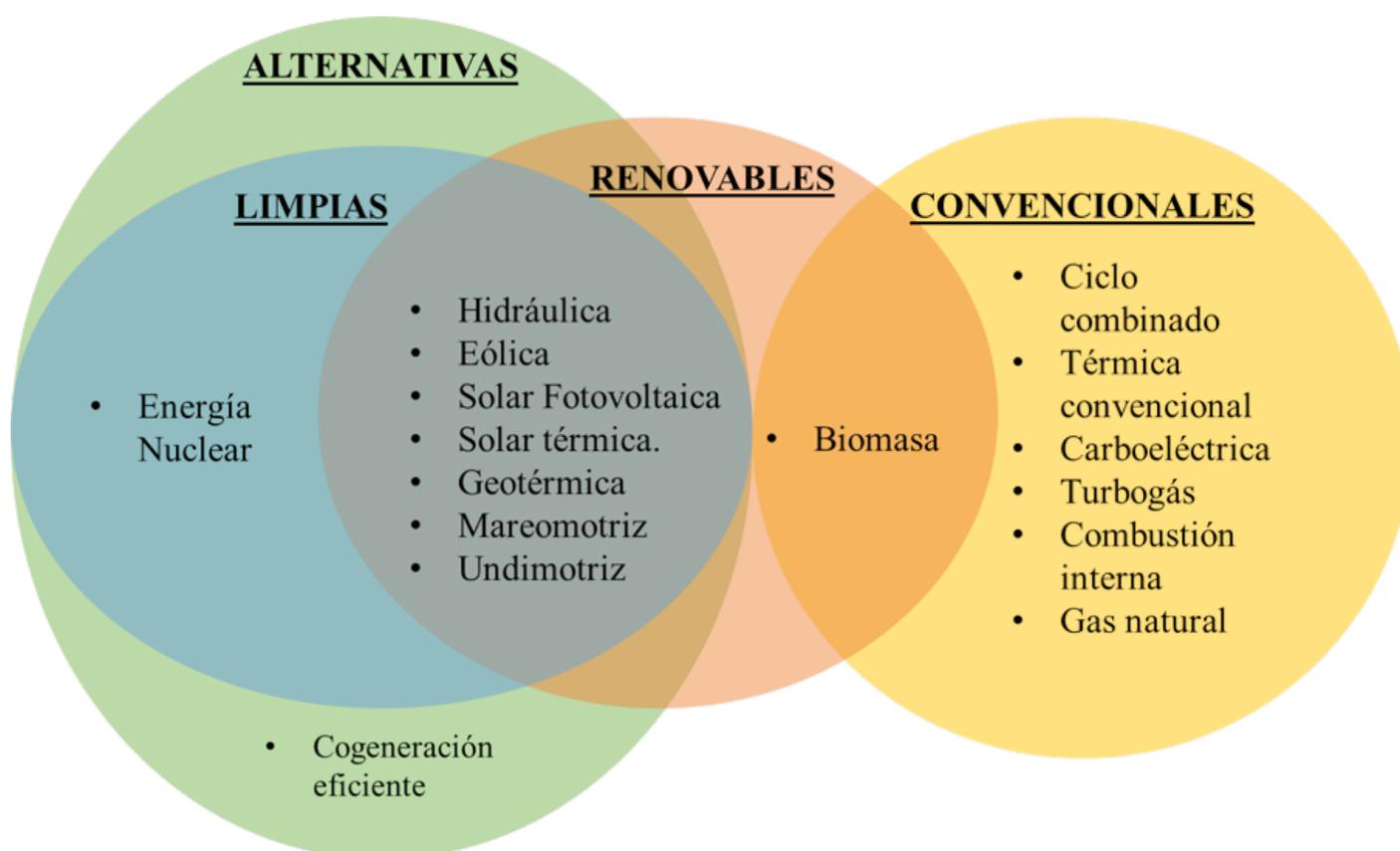


Figura 1. Clasificación de las fuentes de generación por el tipo de energía.



Imagen de Klaus-Uwe Gerhardt en Pixabay

y no dañan al medio ambiente con la producción de contaminantes atmosféricos, resaltando que el término limpio va dirigido a la producción de gases de efecto invernadero y al calentamiento global. La energía fotovoltaica y nuclear son ejemplos de energías limpias, aunque producen contaminantes de otro tipo, como desechos electrónicos o radiactivos.

Las energías también se pueden clasificar según su origen en renovable o no renovable. Las **energías renovables** se consideran **fuentes ilimitadas o que pueden restablecerse** más rápido de lo que las consumimos, por ejemplo, la energía eólica y la energía solar. Y aunque sabemos que **el Sol** algún día se apagará, el tiempo que tardará en hacerlo y la energía que podemos obtener de él, lo hace **una fuente renovable**. En la Figura 1 se muestra la interacción entre las clasificaciones; nótese que por su naturaleza, algunas fuentes de energía pueden ser parte de diferentes grupos, por ejemplo, la energía nuclear que es considerada alternativa, limpia pero no renovable o la energía hidráulica que es considerada energía alternativa, limpia y renovable.

### Entonces, ¿qué fuentes de energía usamos en México?

Como ya se mencionó, la energía eléctrica puede provenir de la CFE o de empresas privadas, ambas se encargan del abastecimiento en el país. A la cantidad de energía máxima que se puede suministrar para el consumo se le conoce como **capacidad instalada**, la cual indica los megawatts (MW) que la infraestructura del país puede generar. Se tienen registros que a finales de 2020, la capacidad instalada era de 83,121 MW, cantidad que abarca todas las fuentes de energía disponibles.

También, con base en los registros de 2020, **las fuentes de energía convencionales fueron la categoría con mayor impacto en la generación de electricidad en México** con un 65 %; recordemos que esta energía no es limpia y no es renovable. Le siguieron las energías limpias y renovables con un 30 %, después la categoría de otras energías con un 3 % donde se enlistan las tecnologías cuyo proceso o materia prima de funcionamiento son variados y, por último, las energías limpias no renovables con un 2 %. Se debe resaltar que el tipo de fuente de

energía usada en nuestro país está **condicionado principalmente por la planeación y control del sistema eléctrico mexicano** y por las leyes que rigen a la industria eléctrica. En cuanto a la generación por tipo de tecnología, el liderazgo lo tuvo el ciclo combinado con 38.2 %; en segundo lugar, la hidroeléctrica con 15.1 %; en tercer lugar, la térmica convencional con 14.1 %; y otras tecnologías conformaron el 32.6 % restante.

Comparemos ahora estos datos de fuentes de energía usadas en México con las fuentes de energía usadas en Alemania en el mismo periodo correspondiente al 2020 (Figura 2). En la figura también se observa que la categoría de las **energías limpias y renovables tiene el primer lugar** con un 45 %, incluyendo la solar, hidráulica, eólica, etc., seguida por las fuentes de energía convencionales con un 40 %. Luego las energías limpias no renovables con 11 % y finalmente la categoría de otras energías con 4 %. Los datos indican que **más de la mitad de la energía producida en Alemania, proviene de fuentes de energías limpias y renovables**; en cambio, en México, aún no se alcanza una tercera parte. Sin embargo, la diferencia no es abismal, por lo que un México con una producción dominada por las energías limpias no es inalcanzable.

El enfoque ecológico y sustentable de la producción de energía se centra en incrementar las

zonas verdes de la gráfica y disminuir las grises, ya sea que se opte por programas que apoyen a las **energías limpias** o que se desmantelen aquellas centrales que contaminan, dejando de lado dichas tecnologías. Pero esto presenta un gran reto, ya que a medida que pasa el tiempo, **la demanda de energía aumenta** y no es posible detener de golpe el porcentaje de producción que estas tecnologías representan, por ende, el cambio a las energías es complicado y **debe ser gradual**.

### Y las energías limpias, ¿realmente lo son?

El término limpio hace referencia a aquellas **fuentes de energía en las cuales existe baja o nula producción de contaminantes a la atmósfera** que contribuyen al calentamiento global, siendo estos los gases de efecto invernadero como el bióxido de carbono, metano, etc. Estos gases hacen que la atmósfera se comporte como el plástico o los cristales en un invernadero, haciendo más caliente el interior.

Pero, y las otras tecnologías, **¿no tienen efectos adversos?** Desafortunadamente, **la respuesta es sí**. Aunque los efectos de la producción de las energías limpias no tienen el mismo impacto que las no limpias, existen. Por ejemplo, la construcción de una presa genera un desbalance irreparable en la flora y fauna de sus alrededores y requiere de la deforestación del área para la infraestructura. En

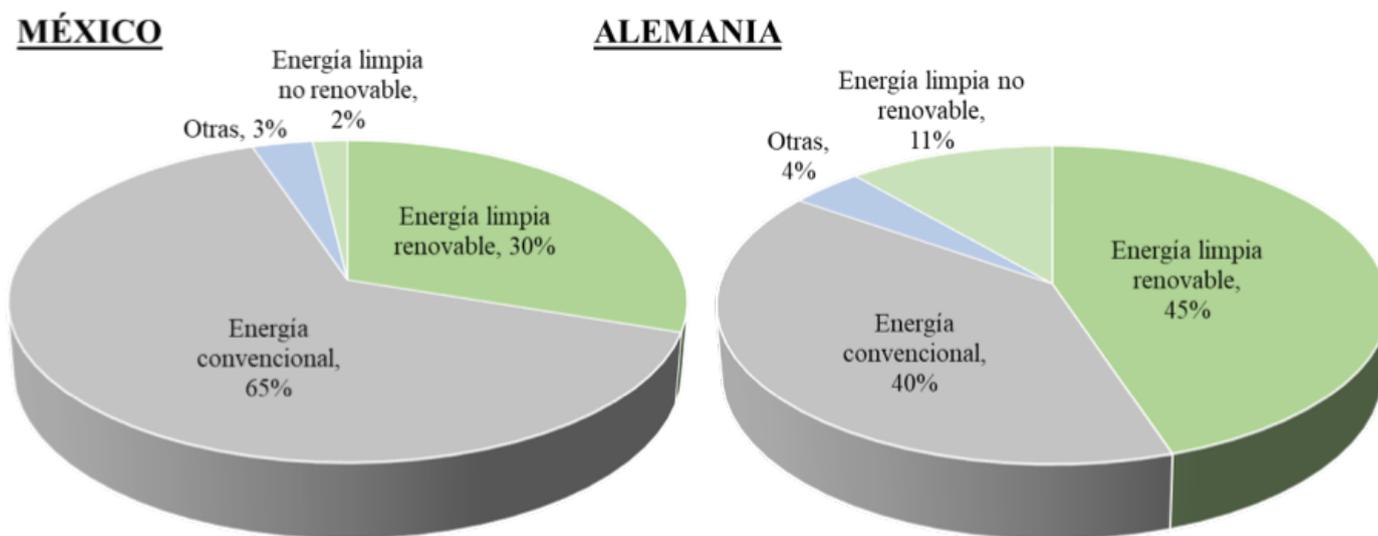
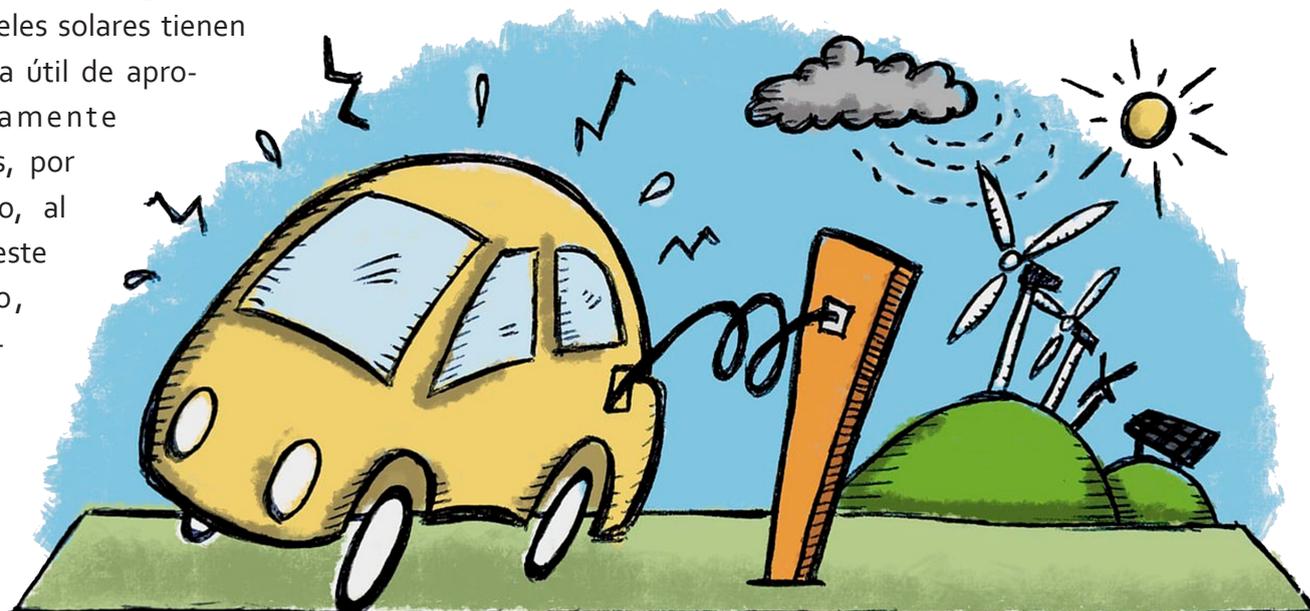


Figura 2. Generación de electricidad por tipo de energía en México y Alemania a finales de 2020.

el caso de la energía solar, los paneles solares tienen una vida útil de aproximadamente 25 años, por lo tanto, al pasar este tiempo, se convierten en des-



per-

di-  
c i o  
electrónico y estos se tienen que renovar en su totalidad, generando una cantidad importante de desechos. Otro ejemplo es la energía nuclear que basa su funcionamiento en la fisión de un material radiactivo; al terminar el proceso de generación de electricidad, se obtienen desechos radioactivos que tienen que ser enterrados para su contención y que su radiactividad no perjudique al medio ambiente.

### Sabiendo esto, ¿cómo luce el panorama?

El conocimiento de los efectos adversos de cada fuente de energía complementa la totalidad del proceso de generación de electricidad, resaltando lo **importante que es ver el panorama completo** y no centrar la vista en la primera idea que se nos presenta. A las energías limpias se les llama así por no producir gases, al igual que a un automóvil eléctrico por no usar gasolina, pero perjudican a su

manera al ambiente. Por ejemplo, producir electricidad para estos nuevos automóviles mediante una central de carbón.

La búsqueda de una fuente de energía única que no produzca ningún tipo de contaminante y que a su vez sea capaz de abastecer a una sociedad que día con día incrementa su consumo, puede parecer inalcanzable.

En el camino habrá nuevas tecnologías para la producción de energía eléctrica con sus respectivas desventajas, lo cual nos proporciona tiempo para seguir investigando e innovando en una forma de obtener energía para algún día llegar a ser sustentables y no destruir nuestro preciado planeta.

En este proceso, es **responsabilidad del estado propiciar las políticas públicas** que permitan desarrollar este tipo de tecnologías, haciendo a un lado ideologías políticas que solo interfieren en el proceso y retrasan la transición energética.



La actualidad de Alemania. (2020). Pionera en la protección del clima. *La actualidad de Alemania*. <https://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/es/alemania-de-un-vistazo/pionera-en-politica-climatica>

Secretaría de Energía. (30 de junio de 2021). Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2021-2035. *Secretaría de Energía*. [https://www.gob.](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/649445/PRODES-EN_CAP_TULO_1_-_2_-_3.pdf)

[mx/cms/uploads/attachment/file/649445/PRODES-EN\\_CAP\\_TULO\\_1\\_-\\_2\\_-\\_3.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/649445/PRODES-EN_CAP_TULO_1_-_2_-_3.pdf)

Twenergy. (2019). ¿Cuáles son las fuentes de energía? *Twenergy*. [https://twenergy.com/energia/fuentes-de-energia/?adlt=strict&toWww=1&redig=DBBF5DBD132A4682BE294DBE43AAF600#Clasificacion\\_de\\_las\\_fuentes\\_de\\_energia](https://twenergy.com/energia/fuentes-de-energia/?adlt=strict&toWww=1&redig=DBBF5DBD132A4682BE294DBE43AAF600#Clasificacion_de_las_fuentes_de_energia)

# ARTÍCULO

## ¿Qué es la materia blanda?

Said Aranda-Espinoza



<https://pixabay.com/es/photos/amarillo-resumen-arte-gel-agua-1343606/>

**Said Aranda-Espinoza.** Laboratorio de Materia Blanda y Biofísica, Instituto de Física, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México.

[aranda@ifisica.uaslp.mx](mailto:aranda@ifisica.uaslp.mx)

La materia blanda **comprende varios sistemas físicos** que son familiares para nosotros, como los polímeros, los coloides, las membranas biológicas, la materia activa, los geles, entre otros. Este es un **estado intermedio de la materia condensada** que es fácilmente deformable usando pequeños esfuerzos mecánicos o cambios en la temperatura. El comportamiento de la materia blanda es diferente a como responde el agua o los sólidos bajo estos cambios. En la materia blanda podemos observar que las moléculas presentan un aparente desorden si la vemos

a nivel molecular, pero a grandes escalas son sistemas ordenados. Al aplicar estímulos físicos, estas estructuras responden colectivamente y **pueden cambiar drásticamente**. Para explicar estos cambios debemos recordar o repasar cómo la materia cambia con la temperatura y la presión. Veremos los diferentes estados de la materia, sus fases, sus fases no clásicas y sus estados intermedios, como la materia blanda.

La **materia** en la naturaleza se manifiesta principalmente en cuatro formas muy características: **sólido, líquido, gaseoso y plasma**. Ejemplos de ellos son el acero, las rocas, la madera, las paredes de concreto y una larga lista de materiales que podemos clasificar como sólidos. El agua, el mercurio, el bromo, la sangre, la miel son algunos ejemplos de líquidos. Como gas encontramos al aire, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el cloro, el flúor, el ozono, el gas natural y los gases nobles. El plasma lo podemos ver en forma de relámpagos, auroras boreales, el gas encerrado en los focos fluorescentes, estrellas y las colas de los cometas. Para clasificar la materia en términos científicos, podemos decir que **el sólido es materia condensada** debido a que las componentes que las forman, ya sean átomos o moléculas, están muy cercanos unos a otros, están fuertemente amarrados (ligados es el término más usual) y se requieren fuerzas muy grandes para separar sus componentes. **El líquido es también materia condensada**, pero sus componentes no están tan fuertemente amarrados y se pueden desprender fácilmente (podemos separar muy fácilmente el

agua a diferencia de intentar separar el acero). En el gas, sus componentes no están amarrados y son libres de moverse, como un gran avispero, de tal forma que el gas se puede expandir tanto que consigue llenar el contenedor más grande en el cual se meta (Figura 1).

El plasma lo podemos encontrar cuando en un gas están presentes átomos o moléculas cargadas. Entonces, a partir del estado gaseoso y al incorporar cargas en forma de moléculas o átomos del gas, podemos lograr obtener un plasma. Por ejemplo, **el Sol, la estrella más cercana a la Tierra, es un plasma**. Cuando generamos un campo eléctrico en un gas confinado podemos generar un plasma (hoy en día podemos adquirir un juguete decorativo para generarlo. Figura 2). La presencia de cargas en el plasma lo hace conductivo, haciéndolo muy susceptible a campos electromagnéticos. Las **auroras boreales** son un **ejemplo de plasma** confinado por el campo magnético terrestre.

Como nos dimos cuenta, **las formas en que la materia aparece en la naturaleza**, o como mejor se dice, sus estados, pueden generarse unos de otros. Es decir, un sólido como el fierro o el acero, los podemos calentar al punto que se derriten y pasarían a su estado líquido; si aumentamos aún más la temperatura, podemos separar las moléculas y átomos de tal manera que se liberan de sus amarres y se convertirán en gas. De igual manera, podemos reducir la temperatura y hacer que los gases se condensen (esto es, hacer que las moléculas se acerquen de modo que se formen enlaces entre ellos) para formar un líquido, lo que se cono-

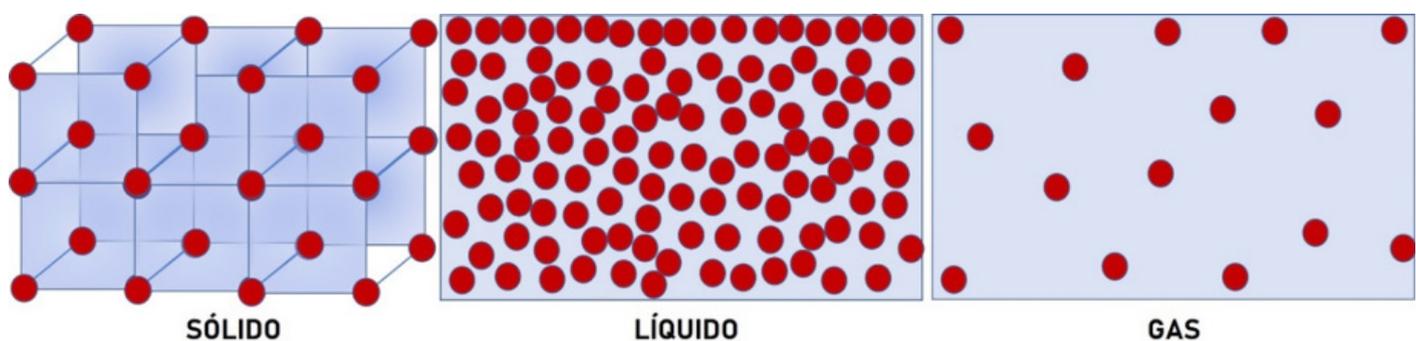


Figura 1. Estados de la materia. Arreglo de un sólido, líquido en un contenedor y gas en un contenedor. Las esferas rojas pueden representar a los constituyentes de la materia, ya sea en forma de átomos o moléculas.



Figura 2. El plasma. Se puede confinar un gas en una esfera, en donde se instala un dispositivo capaz de generar carga. El gas se ioniza y se manifiesta como un plasma, los pequeños rayos de color morado que al descargar en la superficie interna de la esfera se ve color naranja.

ce como **licuar los gases**. El caso más común que todos conocemos es el agua: la enfriamos a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  para formar hielos o la calentamos a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  para pasarla de su estado líquido a gaseoso.

Técnicamente, a **los estados de la materia se les llama fases y pasar de una fase de la materia a otra** se le conoce como **transiciones de fase**. Para todos los materiales que conocemos, se les ha determinado a qué temperatura pueden pasar de una fase a otra y en la mayoría de los casos es posible pasar de un estado sólido a gaseoso, sin pasar por su fase líquida (sublimación), y viceversa (Figura 3).

Hay otras fases de la materia conocidas como **fases no-clásicas de la materia**, a saber: el cristal líquido, el vidrio, los cristales plásticos, la materia ordenada magnéticamente y los mate-

riales con arreglos periódicos nanoestructurados, llamados materiales separados en micro fases como los líquidos iónicos. Los que aparecen bajo condiciones físicas muy específicas, por ejemplo, el cristal líquido, el vidrio y bajo condiciones extremas, los podemos encontrar en fases como la superconductividad, los superfluidos, el condensado de Bose-Einstein, etc. **Las fases más usuales son las que nos encontramos en la vida diaria** y, por ende, nos interesa mucho su comportamiento. En este escrito hablaremos de una de esas fases que es una fase intermedia de la materia condensada: la **materia blanda condensada**.

**Pero, ¿qué es la materia blanda?**

La **materia blanda** es una clase de **materia condensada que se manifiesta en diferentes sis-**

**temas físicos**, los cuales pueden ser deformados o modificados estructuralmente por pequeños cambios en la temperatura o al someterlos a cambios mecánicos muy pequeños. Ejemplo de ello son los coloides (como la mayonesa), polímeros (como el caucho), esponjas, materia granular, membranas, geles, espuma y sistemas biológicos como las células y sus constituyentes.

Las dimensiones de **los componentes** (los llamaremos macromoléculas) de los materiales blandos **se expanden desde nanómetros hasta micrómetros**, pudiendo llegar hasta sub-milímetros. Si estas macromoléculas están suspendidas en agua, las moléculas de agua golpean constantemente a las macromoléculas, haciendo que estas se muevan azarosamente en el medio, lo que se conoce como **movimiento Browniano**. Este constante golpeteo que sienten las macromoléculas, hace que las partículas se difundan, «explorando sus alrededores», logrando con ello ponerse en contacto con otras macromoléculas y enlazarse o auto ensamblarse para formar estructuras más complejas como polímeros, membranas biológi-

cas, geles, etc. Las estructuras formadas de esta manera la llamamos **materia blanda**, cuya característica principal es que **cambia de forma al someterse a fluctuaciones térmicas**.

Para darnos una idea de la fuerza necesaria para deformar estos objetos, podemos pensar que si tenemos enfrente de nosotros una membrana biológica formada por sus macromoléculas (fosfolípidos), la presión ejercida por el aire al momento de que leemos este texto en voz alta, es suficiente para deformarla. En el laboratorio, podemos crear sistemas autoensamblados usando moléculas biológicas obtenidas de la membrana plasmática de células eucariotas, llamados fosfolípidos. Cuando a estas moléculas se les incorpora agua, debido a que tienen una propiedad llamada anfifílica —una parte de la molécula es polar y otra no-polar, en otras palabras, a una parte de la molécula le gusta estar en el agua y la otra parte se esconde del agua—, se auto ensamblan en estructuras que van desde micelas, membranas planas, vesículas y esponjas, todo dependiendo de la concentración de fosfolípidos que se usen.

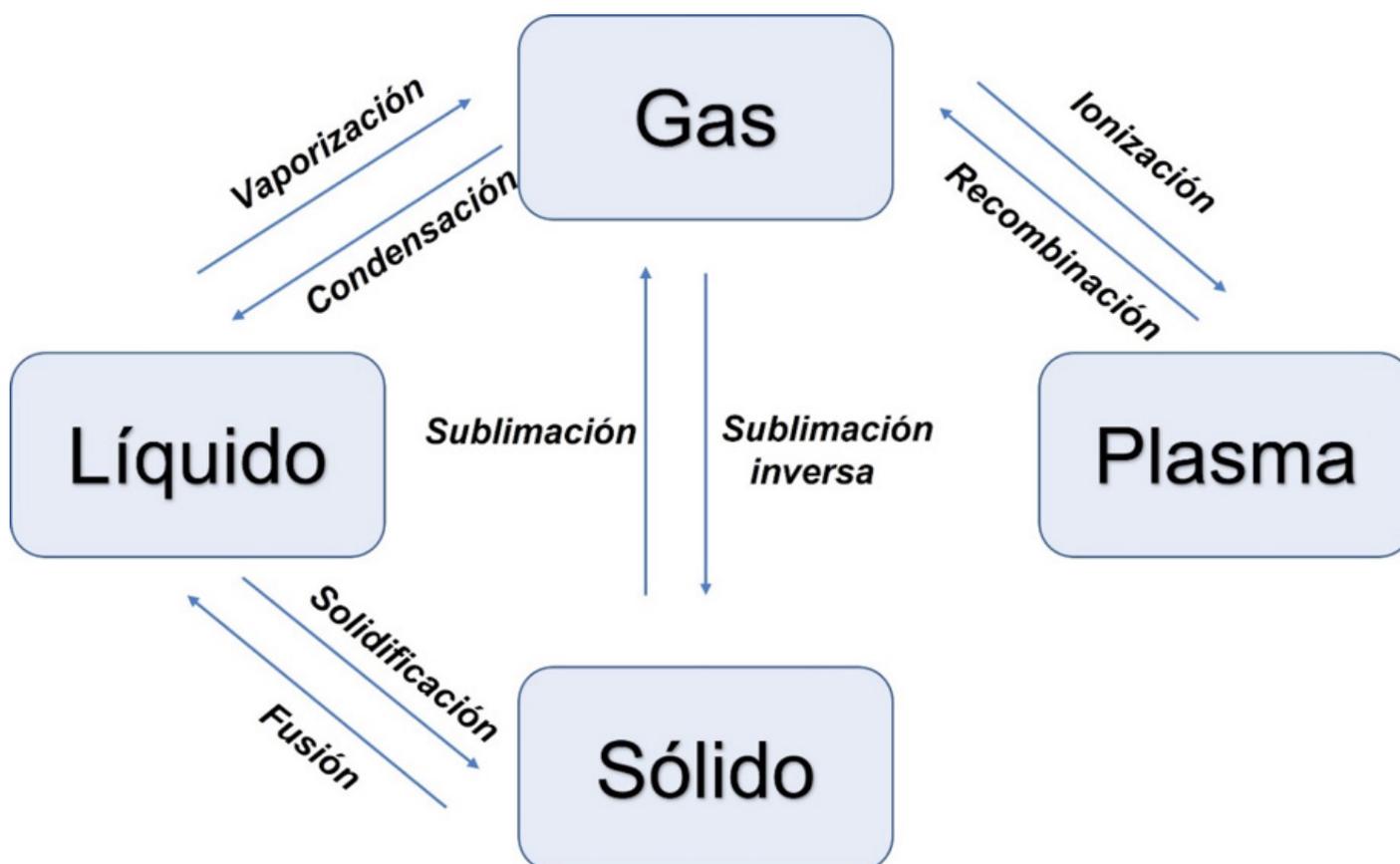
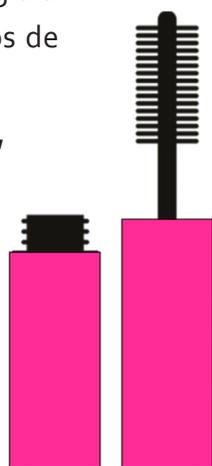


Figura 3. Transiciones de fase entre las diversas fases de la materia. Estas transiciones se logran cambiando la temperatura y/o presión de los materiales, estos procesos son usados con diferentes propósitos, el más común es extraer energía de ellos.

Las células son fácilmente deformables, por lo cual, **la célula y todos sus constituyentes se consideran materia blanda**. El área de la física, llamada **biofísica**, se encarga del estudio de, entre otras cosas, **la célula**. Esto es, la biofísica es el estudio de la complejidad de los sistemas vivos usando los métodos de la física. Dado que un físico emplea y diseña modelos matemáticos para entender el comportamiento de la materia blanda, estos son fácilmente empleados para modelar, por ejemplo, el ensamblado de los ácidos nucleicos del ADN, la predicción de un ensamblaje de proteínas, la polimerización de la actina y microtúbulos, la formación de vesículas, el movimiento celular, entre otras áreas. Un campo muy interesante de la materia blanda es la **materia activa**, la cual se diferencia de la materia blanda en que **convierte energía local en energía cinética**. Por ejemplo, las bacterias consumen carbono y oxígeno para nadar en el medio que se encuentran, mientras que los coloides (los llamados «coloidal surfers») consumen peróxido de hidrógeno para auto impulsarse. Estos interactúan para formar un flujo de materia viva los cuales se están usando en experimentos para generar energía al aprovechar estos flujos de manera controlada.

En la actualidad, las **compañías petroleras** buscan a científicos for-



mados en la materia blanda para, por ejemplo, mejorar los métodos de refinamiento, como los procesos de transporte de petróleo en medios porosos. En **compañías de cosméticos y de limpieza**, también tienen un espacio para trabajar, dado que sus productos son coloides que por definición es materia blanda. El **área de la biomedicina** es otra disciplina en la que los científicos de la materia blanda pueden laborar, ya que logran trabajar en el modelado de auto ensamblado de la cápside de los virus, que se usan como transporte de fármacos o ciertas moléculas para realizar determinadas labores en las células.

Espero que este escrito estimule a los lectores a saber más de este estado de la materia y, en su caso, a estudiar esta área de la física: la materia blanda.

# TECNOLOGÍA

## Primeros pasos con el software R

Francisco Joel Jahuey-Martínez y Jessica B. Herrera-Ojeda



**Francisco Joel Jahuey-Martínez.** Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.  
[fco\\_jahuey@hotmail.com](mailto:fco_jahuey@hotmail.com)

**Jessica B. Herrera-Ojeda.** Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Tecnológico Nacional de México, Jefa del Departamento de Ciencias Básicas. México.  
[jessica.ho@vmorelia.tecnm.mx](mailto:jessica.ho@vmorelia.tecnm.mx)

### ¿Qué es R?

**R** es conocido como un lenguaje de programación, pero más bien es un **conjunto de programas que se integran para realizar diversas funciones**, como manejar y analizar datos, cálculos y hacer gráficos. Al ser gratuito y relativamente fácil de utilizar, se ha convertido en la plataforma estadística más recurrida para el análisis de datos, convirtiéndose en un software de alto nivel, llegando a la altura de otros lenguajes y programas estadísticos como Python, SPSS y SAS.

Actualmente es difícil imaginar a un investigador que no utilice un software especializado para sus análisis estadísticos, siendo esta fase de la investigación una de los más importantes para el éxito de un estudio, por lo que es común que estudiantes y profesionales de áreas afines a las matemáticas o la estadística, estén familiarizados con el programa; sin embargo, esto no significa que en otras áreas científicas hayan tenido algún acercamiento a este programa. Esta es una de las razones por las que **este artículo pretende instruir al lector en el entendimiento y manejo básico del programa R** por medio de una serie de pasos y recomendaciones que lo guiarán en el proceso de aprendizaje, partiendo de una mínima o nula experiencia en programación.

### Comencemos: La descarga

La consola puede ser descargada desde el sitio web oficial de R. El proceso de instalación es muy fácil (vea el siguiente video), únicamente se selecciona la versión adecuada para el sistema operativo de nuestra computadora y se siguen los pasos de instalación que vienen definidos, igual que otro software o app. La plataforma de R está disponible para el sistema operativo que usemos normal-

mente en nuestra computadora (Windows, MacOS y Linux) y no requiere de grandes cantidades de memoria RAM para su uso básico.

Pero si queremos usar R con una interfaz más afable y no estresarnos de más, es recomendable instalar RStudio, plataforma más llamativa y amigable para el usuario, ya que contiene múltiples menús y opciones para el manejo de datos, lo que nos va a permitir hacer muchas cosas basándose en el lenguaje R (<https://www.rstudio.com/products/rstudio/>).

### Primeros pasos: ¿Cómo me comunico con el programa?

Es importante entender que para aprender a utilizar R, el usuario debe aprender a «hablar» su mismo lenguaje, es decir, entender de qué forma podemos «conversar o chatear» en el mismo idioma de una computadora. De manera técnica, esto significa que debemos pasar o escribir comandos a través de un *script* al software para especificar las instrucciones que el programa debe ejecutar. Bueno, y pensarás, ¿qué es un *script*? Un *script* es un archivo de texto, un documento que contiene un conjunto de órdenes y códigos, como una receta de cocina, los cuales pueden guardarse y utilizarse



## Algunas funciones básicas que puedes emplear con R

FUNCIÓN	GRUPO	¿QUÉ HACE?
Getwd	Exploración de datos	Busca en nuestra PC el lugar en el que se encuentran los archivos con los que estamos trabajando en R
Setwd	Exploración de datos	Cambia el directorio de trabajo
list.files	Exploración de datos	Reconoce el contenido de tu directorio de trabajo
read.table	Exploración de datos	Lee cualquier tipo de archivo

para repetir un análisis posteriormente de principio a fin. Las palabras o el **vocabulario que van escritas en el script** y en las que entiende las instrucciones el software R, **se llaman funciones**.

### ¿Y qué son las funciones?

Las funciones son **códigos creados por desarrolladores y sirven para realizar tareas específicas en R**. Generalmente son empaquetados en lo que se denominan «**librerías o paquetes**». Afortunadamente, los usuarios principiantes no necesitarán crear funciones, sino que empezarán utilizando las funciones que ya existen en diversas librerías. Actualmente, R cuenta con más de **17 000 librerías disponibles** en el repositorio llamado CRAN, disponible aquí.

Existe una infinidad de funciones, por lo que sería imposible memorizarlas todas, ya que tan solo la librería «base» contiene más de 1 200 funciones básicas. Algunas de ellas se utilizan de manera frecuente, como se describe en el siguiente cuadro. Pero esto no debe preocuparnos, ya que siempre podrás escribir en la consola la función *help* (?) para acceder a diversas páginas con mucha documentación sobre las funciones de R.

A pesar de la gran variabilidad y disponibilidad de funciones, siempre surgirá la siguiente duda: ¿Qué función debo utilizar para hacer este análisis?

### ¿Cómo encontrar la función que necesitas en R?

Además del *tip* anterior de usar el comando *help* (?), debemos primero como usuarios saber en qué tarea queremos que nos ayude el programa: sumar por filas, resumir múltiples variables, generar gráficas, etc. Un primer intento para encontrar la función adecuada es realizar una **búsqueda en Google utilizando la famosa frase ¿How to... in R?**

(¿Cómo hago... en R?), por ejemplo, ¿*How to read a file in R?* traduciéndose en ¿Cómo leer un archivo en R? Esta búsqueda arrojará respuestas en sitios como rdocumentation y statmethods. Bastará con leer la descripción de la función proporcionada en el sitio web y, si esta función cumple las necesidades del usuario, se debe seguir la instrucción de cómo ejecutarlo, pero debemos tener en cuenta la estructura de datos solicitada por la función; de esta forma empezamos a *chatear* con el programa.

### Ya encontré la función, ahora ¿Cómo la utilizo?

Recordemos que **utilizar R implica «hablar idioma computadora»**, por lo que un paso crucial al aprender R, es saber que las funciones se deben escribir bajo un orden específico o sintaxis para que pueda trabajarse correctamente. La mayoría de las funciones se ejecutan escribiendo el nombre de la función seguido de paréntesis conteniendo el nombre del objeto al que se desea aplicar la función, por ejemplo, para que podamos sumar los datos ponemos la siguiente función: *sum(datos)*. En caso de no utilizar una sintaxis correcta o de no escribir correctamente el nombre de la función o del objeto, surgirá el mensaje más molesto para todo usuario de R, el famoso y temido «Error».

A medida que el usuario adquiera experiencia y dominio sobre las funciones de R, podrá escribir instrucciones cada vez más complejas; sin embargo, no hay que desesperarse ya que escribir funciones es un viaje de toda la vida. Como recomendación, antes de empezar a escribir códigos en R, **vale la pena trazar un mapa detallado de todos los procedimientos que se desean realizar** sobre la base de datos, e ir resolviendo paso a paso cada una de las tareas. De este modo, el usuario podrá notar un avance en sus análisis y evitará caer en la

confusión o frustración. Con el paso del tiempo, el usuario notará que sus procedimientos serán cada vez más metódicos y ordenados. El uso de editores de texto como Tinn-R, sirven de apoyo en la escritura de códigos.

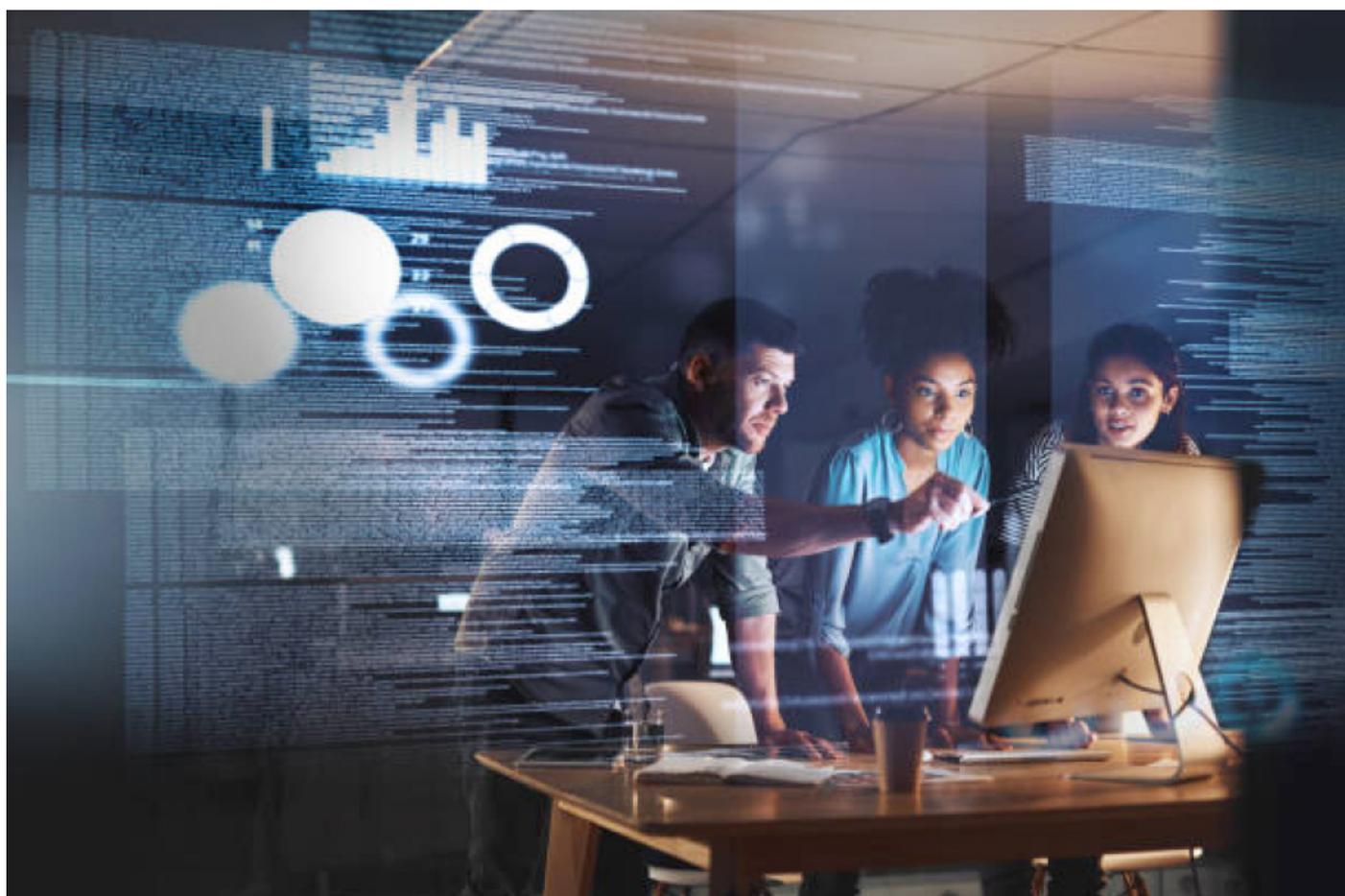
### Generando objetos

Una de las características principales de R son los objetos, ya que son estas estructuras las que nos sirven para manipular la información, como el almacenamiento de datos, los cuales deben ser creados por el usuario. Existen cinco tipos de estructuras básicas: vectores, tablas o *dataframes*, matrices, listas y arreglos, cada uno con atributos específicos. Estos objetos pueden ser creados mediante las funciones **vector**, **data.frame**, **matrix**, **list** y **array**. Dependiendo del tipo y de la cantidad de datos que se desean manejar, se debe elegir la estructura de datos adecuada.

El tipo de objeto más utilizado es el **dataframe**, que es una **estructura de datos en forma de tabla o cuadro** donde las filas representan las

observaciones y las columnas las variables. De hecho, la mayoría de las funciones básicas de R que sirven para leer y cargar archivos, como **read.table** o **read.csv**, generan un objeto tipo *dataframe*. También su generación es muy simple, basta con indicar el nombre y el contenido de cada columna, por ejemplo, para guardar información dentro del objeto denominado «grupos», se utiliza: `grupos<-data.frame(individuo= c(1:5), grupo= c("A","B","B","C","A"))`. Note que para guardar información dentro de un objeto se debe utilizar el operador de asignación «<-», especie de flecha que indica en dónde se depositarán los datos de interés.

Independientemente de la manera en que se generen los objetos, todos deben tener un nombre que los identifique, el cual se recomienda que sea corto y alusivo a su contenido para que el usuario pueda identificarlos fácilmente. Otro *tip* que puede servir para no perderse con el contenido de los objetos es la función **ls**, ya que ayuda a conocer todos los objetos presentes en una sesión de R.



### Otras maneras de aprender R

Otra manera de aprender R es mediante la librería «Rcmdr» que, a través de una interfaz gráfica, facilita la ejecución de operaciones en R sin la necesidad de introducir códigos. La ventaja de utilizarla, es que el usuario puede observar los comandos ejecutados por la librería cada vez que se realiza algún procedimiento gráfico o estadístico desde la ventana de interfaz gráfica. Otra opción es mediante la librería «swirl» que, mediante ejercicios y preguntas de opción múltiple, enseña de manera interactiva los conceptos básicos para el análisis de datos. También existen los denominados «bookdowns» que son libros

electrónicos muy explicativos que incluyen códigos para practicar R, una lista completa se encuentra disponible aquí.

La lista de posibilidades del lenguaje R para adaptarse a las distintas necesidades

del análisis datos complejos es infinita, ya que permite al usuario definir sus propias funciones; sin embargo, es importante ser perseverante con este software porque los errores de código al principio pueden provocar frustración, pero practicando, mejor será el desempeño, confianza y agilidad en el uso del programa. Síguelo utilizando para que sea tu software de confianza.



Mendoza-Vega, J.B. (2021). R para principiantes. <https://bookdown.org/jboscomendoza/r-principiantes4/>

Rodríguez-Silva, J.L.A. (2019). ¿Qué puede hacer el software R para resolver tus problemas? *Revista Digital Universitaria*, 20(3). [https://www.revista.unam.](https://www.revista.unam.mx/2019v20n3/que-puede-hacer-el-software-r-para-resolver-tus-problemas/)

<https://www.r-project.org/>

The R Project for Computing Statistics. (2021). <https://www.r-project.org/>

# UNA PROBADA DE CIENCIA

## *Las huellas del mal*

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](mailto:horacio.cano@umich.mx)

**A** los humanos nos gusta ordenar y clasificar todo: los frutos, las hojas de las plantas, las rocas, las estrellas, los planetas y, por supuesto, los seres vivos; poner orden al mundo permite comprenderlo mejor. Siempre estamos buscando patrones en todo y vamos agrupando de acuerdo a su cercanía o distancia con esos patrones: es nuestra naturaleza.

Desde luego, entenderlo también nos permite utilizarlo en alguna aplicación práctica como alimentarnos o defendernos. Las primeras clasificaciones y ordenamientos, seguro respondieron únicamente a los caracteres visibles y más gene-

rales: las formas, los colores y las texturas. Con el tiempo y con el aumento de nuestros conocimientos, estas agrupaciones intentaron representar relaciones de funcionamiento, de origen y desde luego evolutivas.

Las clasificaciones han evolucionado desde lo que se observaba a simple vista hasta las características más íntimas, como las genéticas en el caso de los seres vivos, y hemos descubierto que algunas de ellas tienen utilidad práctica, por ejemplo, en la identificación de organismos muy precisos y cómo no, en la identificación de personas. En el oscuro mundo de la violación de las normas establecidas, estas clasificaciones han resultado prácticas, a saber, en los estudios legales.

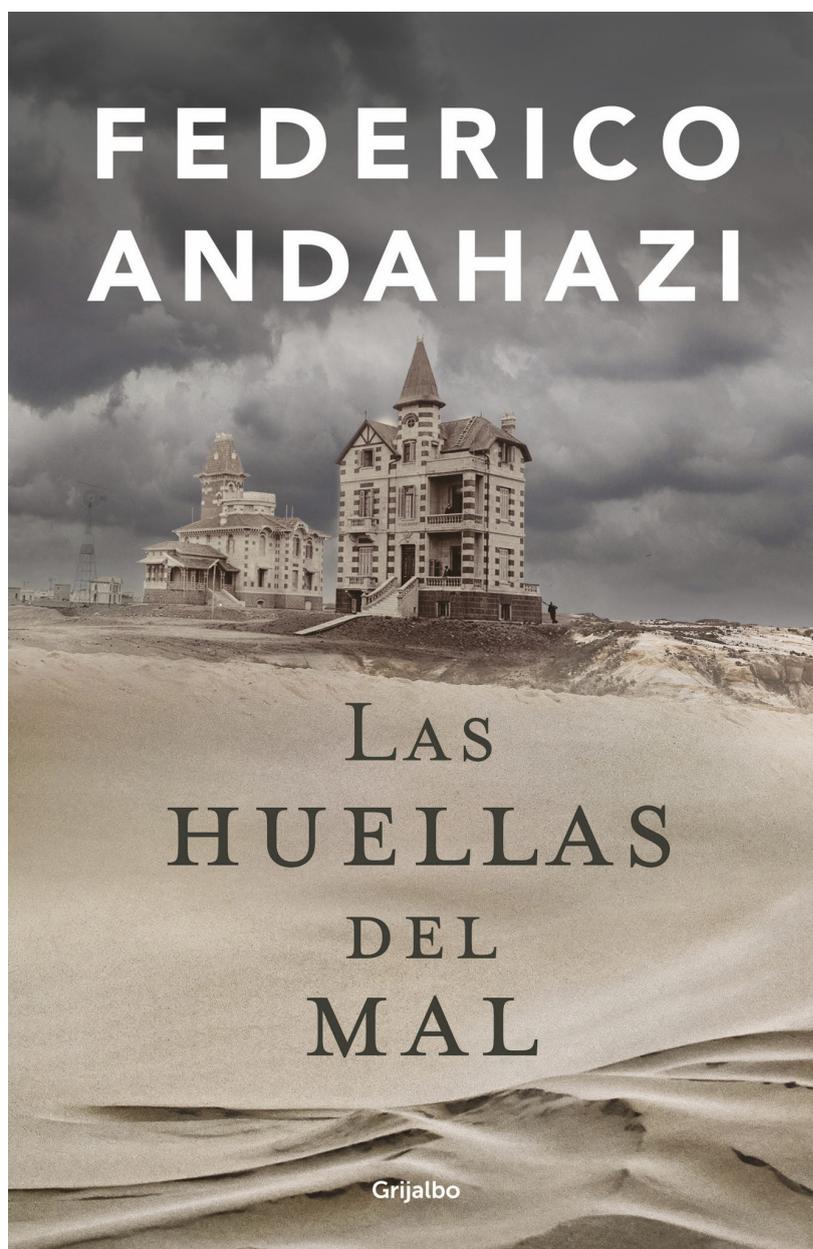
Identificar una persona incluye varios criterios y en la investigación policíaca se usan:

1. **Identificación física del sospechoso.** Altura, peso, color de cabello, color de ojos, rasgos faciales distintivos, tatuajes o cicatrices visibles, entre otros.
2. **Testimonios de testigos presenciales.** Personas que hayan presenciado el delito pueden proporcionar información sobre la apariencia física y el comportamiento del sospechoso.
3. **Evidencia forense.** Se analizan pruebas físicas y forenses encontradas en la escena del crimen, como huellas dactilares, ADN, cabello, fibras, manchas de sangre u otras evidencias biológicas para identificar posibles sospechosos.
4. **Registros y bases de datos.** Se comparan las características físicas y la información personal del sospechoso con registros existentes, como bases de datos policiales, registros de antecedentes penales, licencias de conducir u otros documentos de identidad.
5. **Vigilancia y grabaciones.** Se revisan las grabaciones de cámaras de seguridad, fotografías o videos de vigilancia que puedan capturar imágenes del sospechoso o de su actividad relacionada con el delito.

Estos criterios se han ido acumulando a lo largo de la historia y han sido valorados, mientras que muchos otros se han descartado.

Ahora vamos a recomendar una novela, no un libro científico ni de divulgación. Aunque en realidad se trata de un thriller, de una novela de acción y de misterio, pero que describe muy bien cómo llegó a nosotros un sistema de clasificación e identificación de personas en la comisión de un delito: las huellas dactilares, y lo haremos de la mano de uno de los artífices, Juan Vucetich y el «Caso Rojas» que, a finales del siglo XIX, sentó las bases para el estudio objetivo de la escena de un crimen.

El *Malleus Maleficarum* (en español, «Martillo de las Brujas») es un libro escrito en el siglo XV por dos monjes dominicos, Heinrich Kramer y Jacob Sprenger, y es considerado una de las obras más influyentes en la historia de la «caza de brujas» y la persecución del diferente en la época de la Inquisición. El propósito del libro era proporcionar una





guía detallada sobre la identificación, la persecución y la erradicación de la brujería. En sus páginas, los autores argumentaban que las brujas eran una amenaza real para la sociedad y la Iglesia, por lo que ofrecían instrucciones detalladas sobre cómo descubrirlas, interrogarlas, juzgarlas y castigarlas.

Este libro contribuyó en gran medida a la propagación del miedo y de la histeria en torno a la brujería, o lo que en la época se consideraba como tal. El libro fue utilizado por la autoridad en los procesos de brujería y justificaba las torturas y los métodos inhumanos para obtener confesiones y condenas. Su influencia en la época fue significativa y tuvo un impacto duradero en la persecución de disidentes durante varios siglos. Por absurdo que ahora nos parezca, fue un intento para encontrar formas confiables de descubrir al mal.

Iván Vučetić, mejor conocido como Juan Vucetich, investigador argentino, inmigrante, nacido en Hvar, archipiélago de Dalmacia, en el Adriático de la actual Croacia, y quien es reconocido por sus contribuciones en el campo de la identificación criminal, particularmente por su trabajo pionero en el uso de las huellas dactilares. Vucetich proporcionó argumentos científicos para terminar con prácticas de tortura y de las creencias en las investigaciones judiciales. Durante su carrera en la policía de La

Plata, Argentina, desarrolló un sistema de clasificación y archivo de huellas dactilares para ayudar en la identificación de delincuentes, mismo que seguimos usando en la actualidad.

La novela *Las huellas del mal* (Grijalvo, 2023), de Federico Andahazi, parte de un hecho verídico: el asesinato de dos niños (7 y 2 años) en Quequén, un pueblo de la Provincia de Buenos Aires, en 1892, un crimen muy sangriento y del todo inexplicable que pasó a la historia como el primer crimen en el mundo que fue juzgado presentando evidencias indudables de la culpabilidad del sospechoso.

Ante lo dramático del caso, el presidente de la República Argentina, Carlos Pellegrini, envió al inspector Juan Vucetich a Quequén, como una oportunidad para probar el método dactiloscópico que, de resultar positivo, prometía revolucionar las ciencias forenses y la investigación policíaca.

El inspector Vucetich llegó acompañado de su asistente, el grafólogo y filólogo Marcos Diamant para colaborar con la policía local. De inmediato, notaron el rechazo y el intento de sabotaje del jefe de la policía municipal, quien hace todo para cerrar el caso de inmediato, culpando, sin mayores pruebas, a un amigo y compadre del padre de los niños, quien además, fue el que descubrió el hecho y dio aviso a las autoridades.

Del crimen, ha sobrevivido la madre, Francisca Rojas, una mujer muy conflictiva que solo resultó mal herida, pero que alcanzó a salvarse, para luego declarar que efectivamente fue el compadre el autor del crimen. Vucetich y Diamant, empleando la observación detallada y la disposición de la escena del crimen, sospechan que es más complejo que la idea simplista del jefe local, por lo que organizan todo para preservar la escena y tomar las huellas digitales encontradas por todos lados.

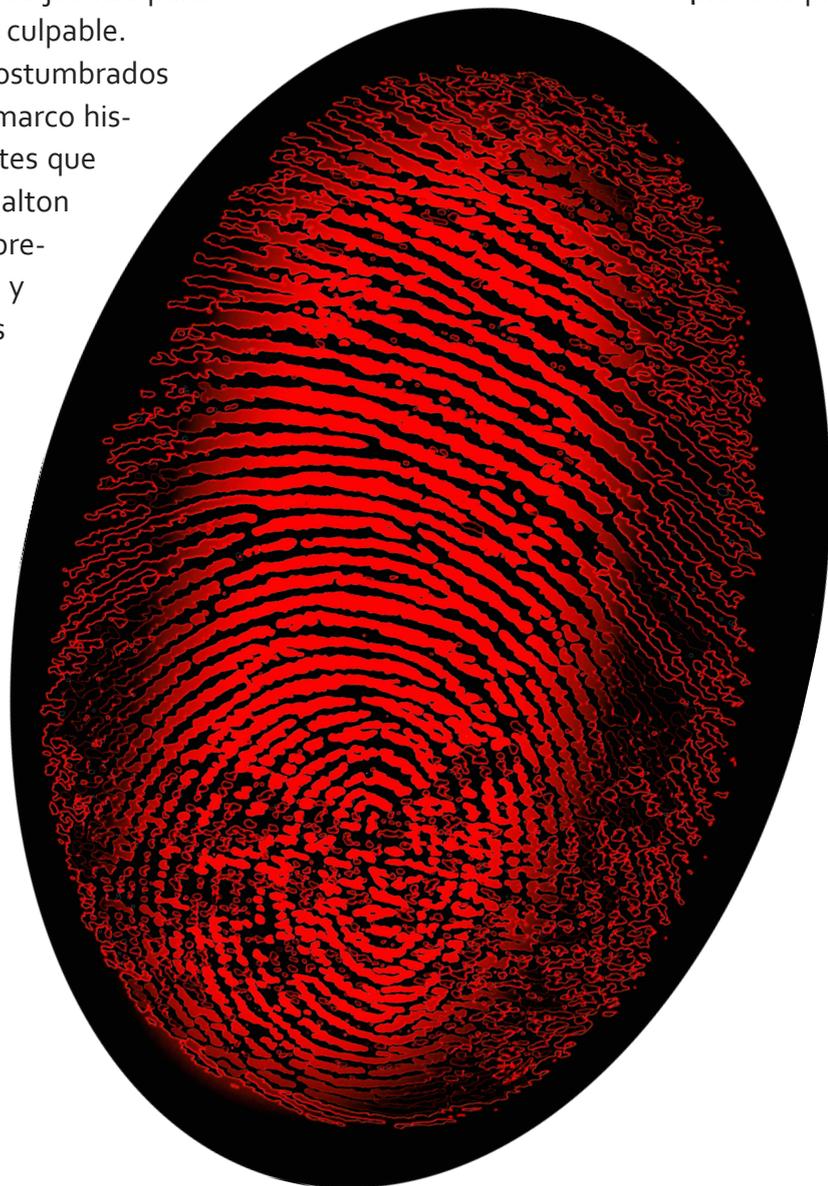
El asunto se complica con la dura resistencia de las autoridades locales y un actor inesperado: los grupos anarquistas, muy activos en el país con la llegada de inmigrantes europeos y quienes se oponen activamente a la posibilidad de que un método antropométrico pueda ser usado para identificar a cada persona, por considerar que compromete inevitablemente la libertad ante un poder totalitario, además de suponer que el método los tratará de marcar «como ganado». Todo ello complica el trabajo de Vucetich, quien se encuentra con vertientes económicas, ideológicas y políticas que mezclan y enturbian todo, cuando él solo desea justicia para los niños y el arresto inequívoco del culpable.

Andahazi, como nos tiene acostumbrados en sus novelas anteriores, crea un marco histórico muy preciso, con antecedentes que van desde los intentos de Francis Galton en el siglo XIX por crear métodos precisos de identificación individual y quien descubrió las características individuales de las huellas dactilares, pasando por Edward Henry quien a finales del siglo XIX, en la India, desarrolló un sistema cla-

sificatorio para estas huellas dactilares, hasta llegar a los controvertidos trabajos de César Lombroso, quien identificaba estas características antropométricas con la capacidad intelectual, tendencias criminales, entre otras cosas totalmente ajenas. También abunda en la muy convulsa realidad política de Argentina y en el fenómeno de la inmigración europea, buscando nuevas oportunidades de desarrollo, hasta el ya comentado movimiento anarquista. Todo esto crea un contexto que nos permite entender la dimensión del aporte de Juan Vucetich.

Como buen novelista, hace uso de varias licencias que le dan una gran agilidad e interés a la historia que cuenta, permitiendo que nos metamos en ella cual thriller adictivo y que nos identifiquemos con las dudas y las pasiones de ese par de científicos en el mundo más anticientífico.

Un libro muy interesante, basado en hechos reales que plantea el descubrimiento de un método ahora rutinario, pero que en su momento fue saboteado, combatido y negado por intereses totalmente ex- traños a los que pretendía, ;no se lo pierdan!



# LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

## Gas shale o gas de lutitas

Esbeydi Villicaña-García y José María Ponce-Ortega



Bloques de lutita.

**Esbeydi Villicaña-García.** Departamento de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[esbeydi.villicana@umich.mx](mailto:esbeydi.villicana@umich.mx)

**José María Ponce-Ortega.** Departamento de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[jose.ponce@umich.mx](mailto:jose.ponce@umich.mx)

**E**n la actualidad, se han descubierto muchos tipos de combustibles que antes no se conocían: un claro ejemplo es el gas *shale*.

El gas de lutitas es conocido por su nombre en inglés *gas shale* que, aunque es **igual en composición al gas natural**, lo que lo hace diferente es la profundidad a la cual se encuentra almacenado en el subsuelo. El gas natural convencional se obtiene, aproximadamente, a un kilómetro de profundidad, pero el *gas shale* está atrapado de tres a cinco kilómetros; además, el tipo de roca es distinto, es roca lutitas que es alargada y muy compacta entre sí, ha-

ciendo que el acceso al gas natural sea más difícil. En este sentido, la **extracción del gas shale** se hace a través de la **fracturación hidráulica**, esto implica perforar el pozo de forma vertical y después seguir con la perforación, pero ahora de forma horizontal, con la intención de abarcar más espacio.

### ¿Cómo se obtiene el gas shale?

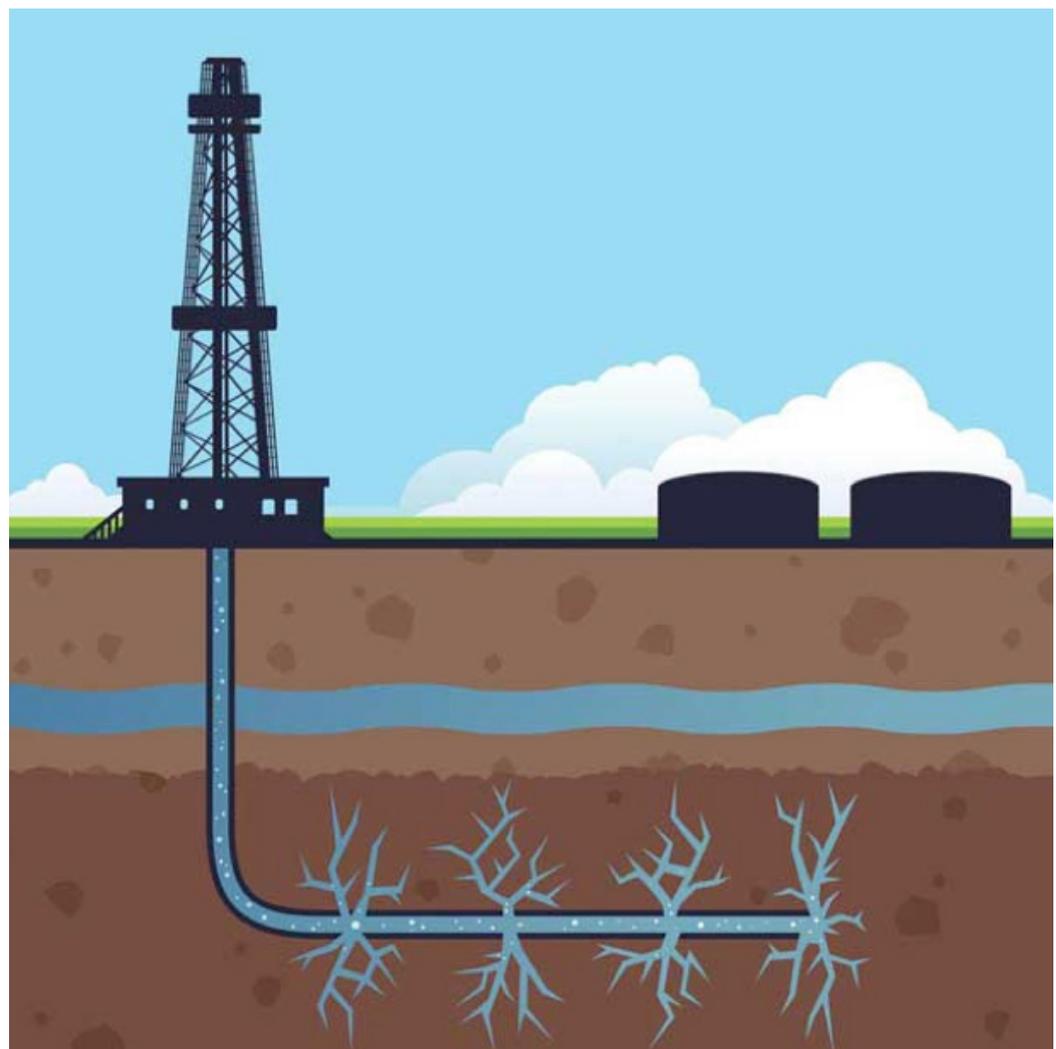
Una vez perforado el pozo, este se va cementando para evitar derrumbes, se introduce un dispositivo que va a provocar **pequeñas explosiones en el subsuelo**, generando grietas. Sin embargo, esto no es suficiente, por lo que se **inyectan grandes cantidades de un fluido a altas presiones**, principalmente compuesto por un 70 % de agua, arena y otros aditivos. La arena se utiliza para que las grietas se mantengan abiertas, mientras que los aditivos ayudan a equilibrar la presión y a optimizar el flujo de fluidos, permitiendo realizar perforaciones más precisas, mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de inactividad. El fluido genera que las grietas se hagan más grandes **provocando que el gas natural fluya a la superficie**. El agua que se inyecta también regresa a la superficie, pero altamente contaminada por el proceso de fractura y por las sustancias que se encuentran en el subsuelo, tales como metales pesados, hidrocarburos y elementos radioactivos. La contaminación del agua de retorno es uno de los principales problemas con el gas shale, por lo que se han desarrollado estudios donde se proponen maneras de tratarla para reusarla en operaciones hidráulicas de otros

pozos; el agua que no se le pueda dar mayor uso, es enviada a disposición final, es decir, se almacena en pozos profundos.

El gas shale ha causado un gran revuelo debido a que **hay muchas reservas de este tipo de combustible**. De acuerdo con la Agencia de Información de Energía (EIA) de USA, **México se encuentra en el 4to lugar a nivel mundial** con mayores recursos de este gas; sin embargo, la falta de inversión en la exploración y de visión sobre el crecimiento de la industria, han ralentizado las operaciones.

### Otra forma no convencional de obtener combustible

Otra forma de combustible **no convencional** es el que está en alta mar en aguas profundas, conocida como **offshore**. La perforación *offshore* tiene **operaciones riesgosas y peligrosas**: accidentes fatales, lesiones, pérdida de equipo y daño al ambiente son algunos riesgos asociados con esta operación que influyen negativamente en la reputación de esta industria. La perforación en alta mar



Extracción de gas shale. <http://www.teorema.com.mx/agua/por-extraccion-de-gas-shale-advierten-de-estres-hidrico/>



Perforación offshore. <https://oilchannel.tv/noticias/ecopetrol-y-shell-reactivan-la-operacion-petrolera-en-offshore-con-inversiones-por-us2000-millones>

consiste en **perforar agujeros en el lecho marino** de la plataforma continental y también puede ser utilizada en lagos y mares interiores.

Este tipo de perforación no debe pasar desapercibida, ya que resulta ser una preocupación debido a la **alta probabilidad de afectar el medio ambiente**, así como por las consecuencias y posibles problemas relacionados a la belleza del lugar y al mercado de mariscos. Se debe contar con una **tecnología especializada**, puesto que se deben lidiar con presiones altísimas, por ejemplo, a 1.6 km de profundidad en océano, la presión del agua es alrededor de 156 atmósferas. Las principales diferencias de la perforación en alta mar en comparación con la perforación en tierra, esta relacionada con las **ubicaciones aisladas y confinadas**, por lo que si ocurren derrames o se liberan sustancias peligrosas, **no existe atención inmediata**; además, la exposición a climas extremos es un factor muy presente.

Cantarell es uno de los 100 más importantes campos petroleros en el mundo, ubicado en el área marina del estado de Campeche, que abarca una superficie de casi 21 mil kilómetros cuadrados. Cantarell llegó a contribuir con el 45 % de la producción mundial y forma parte del grupo de campos en proceso de declinación. Ha sido una de las fuentes de

renta petrolera más importante para México, afectando de manera positiva la oferta de energía. Sin embargo, el manejo que se le ha dado no ha sido el óptimo para su explotación y aprovechamiento a largo plazo, situación que podría atenuarse con el uso de tecnologías para la recuperación. La producción de petróleo en Cantarell continuará, por lo menos, dos décadas más.

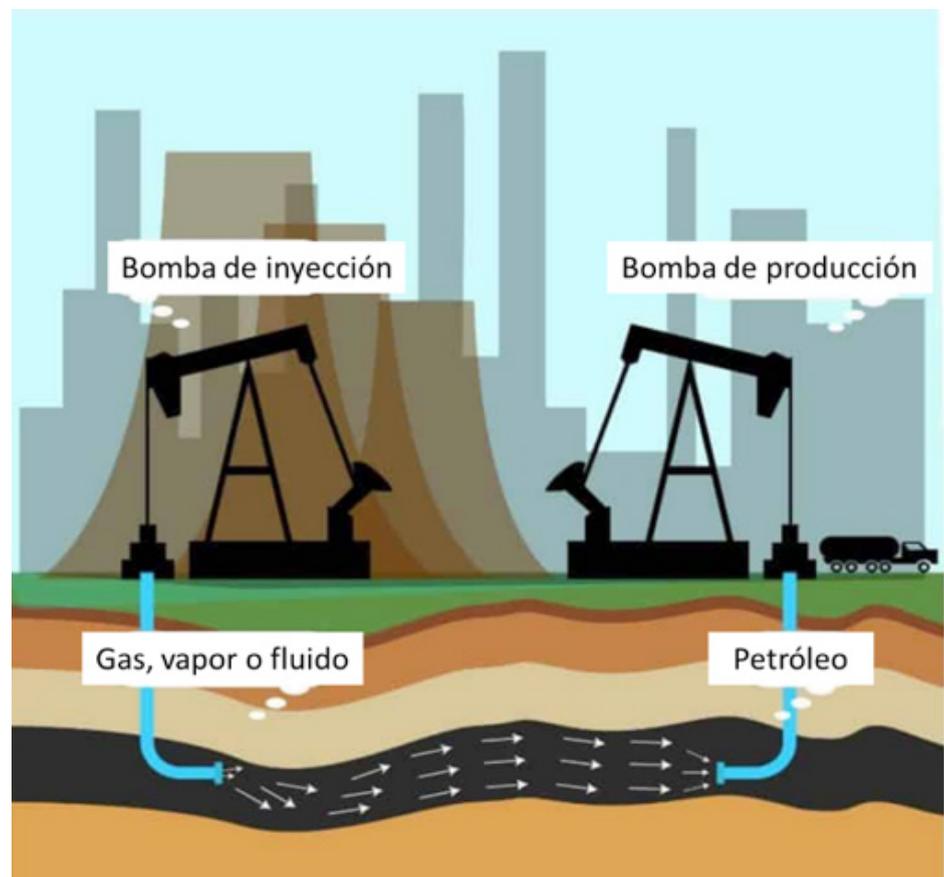
Una vez que los pozos convencionales se «agotan», existen maneras de estimularlos con la intención de que el combustible que aún está atrapado en el subsuelo (difícil de acceso), pueda salir a la superficie. A este tipo de técnicas se les llama **Recuperación de Petróleo Mejorada (EOR)**.

Existen tres categorías de recuperación: primaria, secundaria y terciaria. La **recuperación primaria** implica que la presión natural y/o gravedad en combinación con bombeo, permite que el petróleo se mueva hacia la superficie; con esta técnica se recupera un 10 % del petróleo original de la reserva. La **recuperación secundaria** consiste en inyectar agua o gas para desplazar el petróleo a la superficie; se tiene desde un 20 hasta un 40 % de recuperación. Por otro lado, en la **recuperación terciaria** se tiene de un 30 hasta un 60 % del petróleo original de la reserva; esto se logra a través del uso de inyección térmica para disminuir la viscosidad y

mejorar el flujo a través de la reserva. Además, la inyección de gas como nitrógeno o dióxido de carbono, provoca que la reserva se expanda para empujar el petróleo que se encuentra atrapado. Otra forma de recuperación terciaria es mediante inyección de sustancias químicas, que pueden ser polímeros de cadenas largas; sin embargo, estas técnicas no han sido tan aceptadas debido al alto costo y a la impredecibilidad de sus resultados.

Para promover un crecimiento en el sistema energético del país se requiere una **mayor infraestructura** para el transporte de los hidrocarburos, **mejores estimaciones en la demanda** para un uso más eficiente de los ductos y un **desarrollo en la tecnología** para la extracción de las formas no convencionales de combustible. México cuenta con muchas reservas donde la exploración, explotación y distribución deben ser muy bien pensadas para el manejo óptimo de los

recursos. Es importante tener en mente que **la dependencia con los combustibles fósiles no puede cambiar de un momento a otro**, y el uso de biocombustibles tendría que verse como una forma de complementar el consumo para satisfacer las demandas. La correcta gestión de los combustibles fósiles en conjunto con los biocombustibles, es un tema que debe ser prioridad para el desarrollo de cualquier país.



Técnicas de recuperación mejoradas EOR. <https://www.enverus.com/blog/enhanced-oil-recovery-need-know/>



Asociación Colombiana de Petróleo y Gas. (s.f.). ¿Qué pasa con el agua utilizada en el *fracking*? <https://shorturl.at/cejqK>

Romo, D. (2015). El campo petrolero Cantarell y la economía mexicana. *Prob. Des.*, 46(183), 1-21. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pi-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pi-)

d=S0301-70362015000400141

Vega-Navarro, A. y Ramírez-Villegas, J. (2015). El gas de lutitas (shale gas) en México. Recursos, explotación, usos, impactos. *Economía UNAM*, 12(34), 79-105. [https://doi.org/10.1016/S1665-952X\(15\)30006-2](https://doi.org/10.1016/S1665-952X(15)30006-2)

# LA CIENCIA EN EL CINE

*Silo*

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*

**E**n 1986 se estrenó la película soviética *Cartas de un hombre muerto*, del director Konstantin Lopushansky, basada en el cuento *Hombre topo* (Minotauro, 2004) de Harry Harrison: una catástrofe nuclear ha cubierto el mundo. Luego de un error en una computadora, el planeta Tierra ha quedado reducido a ruinas y los humanos sobrevivientes están condenados a coexistir en sótanos, en donde viven en el silencio de la culpa y el miedo, al parecer, reflexionando acerca de lo sucedido. Un grupo de sobrevivientes es seleccionado para vivir en un búnker por 30 años, hasta

que existan condiciones mínimas para retornar a la superficie. Larsen, un científico y principal protagonista de la historia, decide escribirle a su hijo desaparecido una serie de cartas donde le relata lo acaecido, incluyendo sus reflexiones sobre el «futuro».

Esta película no fue la primera historia distópica sobre una eventual destrucción nuclear del planeta, ni de sus consecuencias (y más cuando hay varios cuentos y novelas al respecto), pero sí fue la primera que nos puso en la pantalla un relato muy alejado del tono heroico y grandioso (aventurero) de los sobrevivientes, mostrando una historia de desesperanza, caos y nostalgia por el mundo perdido, en particular, por nuestras acciones para llevarlo a ese extremo.

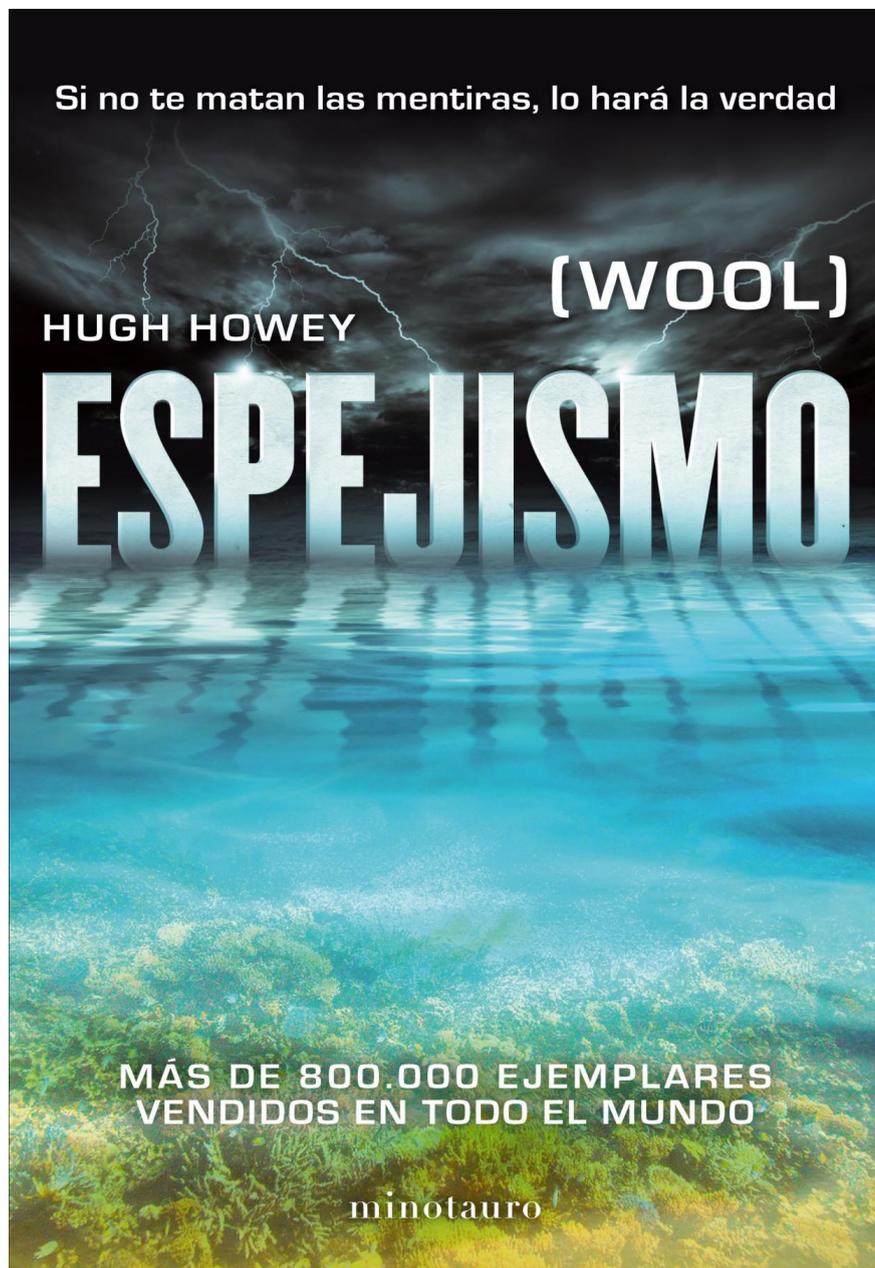
La visión era del todo desalentadora y triste, muy acorde con la perspectiva de la propia autodestrucción provocada por nuestra especie, a veces como resultado de desatender las repercusiones de nuestras propias creaciones. Por alguna razón, más de índole comercial, el cine está lleno de acciones heroicas en donde individuos, incluso pueblos, responden a esas catástrofes con operaciones intrépidas, llenas de aventuras —estilo *Mad Max*— y logran sobrevivir y superarse, una especie de mito fundador de nuevas identidades.

*Cartas de un hombre muerto* nos presenta un mundo que ha llegado al fondo del abismo en donde lo único que nos mantiene es la construcción de nuevas utopías. Hay una gran reflexión acerca de nuestras culpas y nuestra desatención, al dejar en manos de otros, incluyendo máquinas, lo que debió ser responsabilidad de todos.

Cormac McCarthy en su libro *La carretera* (Mondadori, 2011), luego llevada magistralmente al cine, nos presenta también una demoledora fábula sobre el mundo posapocalíptico: un padre y su pequeño hijo viajan por todo norteamérica hacia el sur bajo la lluvia de cenizas, el hambre y la muerte, en busca de un atisbo de esperanza en medio de la barbarie desatada luego de la destrucción nuclear. A diferencia de la película de Lopushansky, aquí no hay reflexión alguna sobre lo pasado, sobre cómo se originó el caos, «después de una devastación nuclear —decía el propio McCarthy ante sus críticos— lo que menos importa ya es quién disparó primero», sino que estamos ante la barbarie total, la sobrevivencia como único motor que nos mantiene, no importa el precio.

Ambas historias son demoledoras, pero reflexivas y, a su manera, hermosas. Este contexto lo pongo como punto de referencia necesario para la serie que ahora les presento en esta sección, se





trata de *Silo* (AppleTv, 2023), serie de diez capítulos estrenada recientemente y basada en la trilogía del mismo nombre, de Hugh Howey. Este autor comenzó publicando su primer libro por entregas a través de la plataforma de Amazon y después de un éxito inusitado, su trabajo fue publicado en papel. En español, Minotauro (2013), ha publicado el primero de los libros de la trilogía que se compone de «Espejismo», «Desolación» y «Vestigios».

Una guerra nuclear y bacteriológica han arrasado con el mundo y los últimos supervivientes viven en un silo subterráneo desde hace más de 300 años. Se mantiene la población constante mediante estrictas normas reproductivas: un muerto, un nacimiento. También se mantienen cultivos para abastecer a la población, mientras

que el abono procede del reciclaje de toda materia orgánica. En el silo llegan a vivir diez mil personas.

Los suministros, víveres y materiales, se controlan y se reparten donde son necesarios, previa solicitud y evaluación. Los matrimonios o emparejamientos se solicitan y han de ser autorizados por los gobernantes del silo de cara a evitar la endogamia, y solo se pueden reproducir si se solicita un matrimonio. Todo está controlado, todo es muy estricto, pero permite la supervivencia.

Para lograr este nivel de comunidad, el silo ha acordado un pacto que funciona como una constitución y un manual de procedimientos, siendo estricto su cumplimiento. La población vive confinada, pero existe la libertad, casi sagrada, de abandonar el silo; sin embargo, expresar simplemente ese deseo conduce a una muerte segura por los niveles de toxicidad del exterior.

El pacto determina la manera de organización con comisiones establecidas para mantener todo el funcionamiento: justicia, seguridad, alcandía, servicios, informática, ingeniería, con autoridades nombradas por «alguien» y de poder absoluto y solo sometidas a la justicia. El olvido es una condición indispensable para el funcionamiento del pacto; la nostalgia, la evocación del pasado, las reliquias y la memoria son eliminadas a fuerza de ignorar el pasado y reprimir toda curiosidad por él, *so pena* de ser expulsado del silo, con la subsecuente condena a muerte. Hay entonces, en el pacto, un órgano represor de la memoria cuyo funcionamiento nadie puede explicar.

Aquí encontramos una diferencia fundamental con respecto a otras obras que abordan el tema, por ello comencé con la referencia a *Cartas*

de un hombre muerto, en el cine, y *La carretera*, en la literatura. Si bien la historia de la trilogía de *Silo* se enmarca como una distopía, la trilogía y la misma serie, creo que califican mejor como un *thriller*. Veamos el porqué.

Una distopía es un término que se refiere a una sociedad o un mundo imaginado que presenta condiciones indeseables, opresivas o desalentadoras. A diferencia de una utopía, que representa un ideal de sociedad perfecta, la distopía muestra un futuro o una realidad alternativa que es disfuncional, injusta o degradante.

En una distopía, la sociedad está caracterizada por la opresión, la falta de libertad, el control excesivo del gobierno o de alguna entidad poderosa, la desigualdad extrema, la represión de la individualidad o el pensamiento crítico, la manipulación de la información o la tecnología utilizada para controlar a las personas, entre otros aspectos negativos.

En *Silo*, básicamente la historia transcurre como un búsqueda de la verdad sobre lo sucedido

en una sociedad (con todas sus limitaciones) bien establecida, con reglas, gobierno, organización que funciona y, en general, donde la gente está perfectamente adaptada a ese mundo, salvo algunos rebeldes que desean saber más o que intentan recuperar la memoria.

Como *thriller* funciona muy bien, pero en *Cartas de un hombre muerto*, por ejemplo, la comparación con el mundo perdido y la responsabilidad de lo que pasó es inevitable, mientras que en *La carretera* se muestra un mundo sin pasado, pero también sin futuro alguno, donde no hay lugar para la esperanza, salvo la extraña búsqueda del sur como un referente único de una civilización que de alguna manera existe.

Las distopías son comunes en la literatura, en el cine y en otras formas de expresión artística, ya que permiten explorar y reflexionar sobre los problemas y los peligros que podrían surgir en una sociedad futura si no se abordan ciertas cuestiones importantes, si no cesamos en nuestro andar irresponsable. En *Silo*, la organización de la





sociedad, ese pacto civilizatorio (por opresivo que parezca) está presente como si de alguna manera pensáramos que un cataclismo nuclear no necesariamente es el fin.

Como una representación imaginaria de una sociedad o mundo futuro que muestra condiciones indeseables, opresivas o injustas, en *Silo* no parece usarse como una forma de crítica social o de reflexión sobre los peligros de ciertos caminos que podría tomar la humanidad. Más allá de ello, hay un borrón y cuenta nueva de la historia de la humanidad. Nadie sabe qué pasó antes, pero desde luego, eso no significa que la historia no sea muy buena y muy adictiva, pues esa búsqueda de respuestas, da lugar a una serie de crímenes que la protagonista, la sheriff Jules Nichols, interpretada por la estupenda Rebecca Ferguson (*Dune*), se afana en descifrar, describiendo y descubriendo a cada uno de los personajes y sus miserias, sus di-

lemas morales y cuestiones éticas, algunos de los cuales terminaremos odiando, es decir, el autor de la trilogía y el guionista de la serie, se aplican por abandonar los cánones de la distopía para acercarse más a una buena novela negra, eso sí, en un mundo distópico.

La serie plantea cuestiones sobre las que sería bueno reflexionar, y creo que bien vale la pena, por ejemplo, ¿cómo sería una sociedad que tiene que vivir aislada hasta que el entorno exterior vuelva a ser habitable? ¿Cómo se estructura? ¿Bajo qué leyes? ¿Cómo afrontar todos los retos, el alimento, el oxígeno, los gases de desecho, el monitoreo ambiental, la exploración del exterior? ¿La finalidad de mantener el orden justifica todos los medios usados? Estos y más cuestionamientos se tratan en esta obra. Todos son conceptos que a mí me parecen muy interesantes y por lo cual recomiendo mucho, tanto la serie como los libros.

# NATUGRAFÍA

## Polilla Tigre Real

\* Miguel Gerardo Ochoa Tovar



Polilla Tigre Real *Chrysocale principalis*. Nativa de México y Guatemala. No existe mucha información sobre la descripción y hábitos de esta especie.

# INFOGRAFÍA

## Quehacer Científico Nicolaíta

Carlos M. Cerda García Rojas



La 18ª Reunión Internacional de Investigación en Productos Naturales fue organizada para celebrarse los días 24, 25 y 26 de mayo del presente año, en nuestra Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por profesores liderados por la Dra. Rosa E. Norma del Río Torres y la Asociación Mexicana de Investigación en Productos Naturales, A.C. El evento fue realizado en el Centro Cultural Universitario de nuestra institución y en esta ocasión el reconocimiento de la reunión fue para el Dr. Carlos M. Cerda-García-Rojas, quien nos brindó una entrevista, que puedes leer en la respectiva sección de este número de Saber Más. Se tuvo la participación de 11 conferencistas magistrales de instituciones nacionales y del extranjero como Estados Unidos de América, Chile, España y Canadá, así como la presentación de trabajos en carteles de académicos y estudiantes de diferentes instituciones del país. También se ofrecieron cuatro cursos precongresos en forma virtual, los que a continuación de describen: Análisis retrosintético y aproximaciones sintéticas en la síntesis total, semisíntesis y análogos de productos naturales; Cultivos in vitro para la producción de metabolitos secundarios ve-

getales; Aplicaciones de compuestos químicos en cultivo de células cancerosas; e, Introducción a la programación estadística en R enfocado al análisis de metabolitos secundarios por cromatografía de gases.

La Asociación Mexicana de Investigación en Productos Naturales (AMIPRONAT) congrega a personas físicas que ejercen la profesión dentro del ramo de las ciencias químicas y biológicas y otras áreas relacionadas. Agrupa a profesores y estudiantes de instituciones destacadas de México y del extranjero. Su finalidad es promover, desarrollar, aplicar y difundir el conocimiento sobre productos naturales. Dentro de los propósitos de la reunión es promover la interacción y la colaboración entre grupos con intereses afines que realicen investigaciones relacionados con productos naturales desde investigación básica hasta su aplicación en las diferentes áreas de la ciencia.

Este tipo de eventos en el que participan académicos y estudiantes nicolaítas resaltan el quehacer científico que se realiza en nuestra universidad, en el que se difunden entre pares, los avances científicos sobre los productos naturales.

