

# sabermás

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

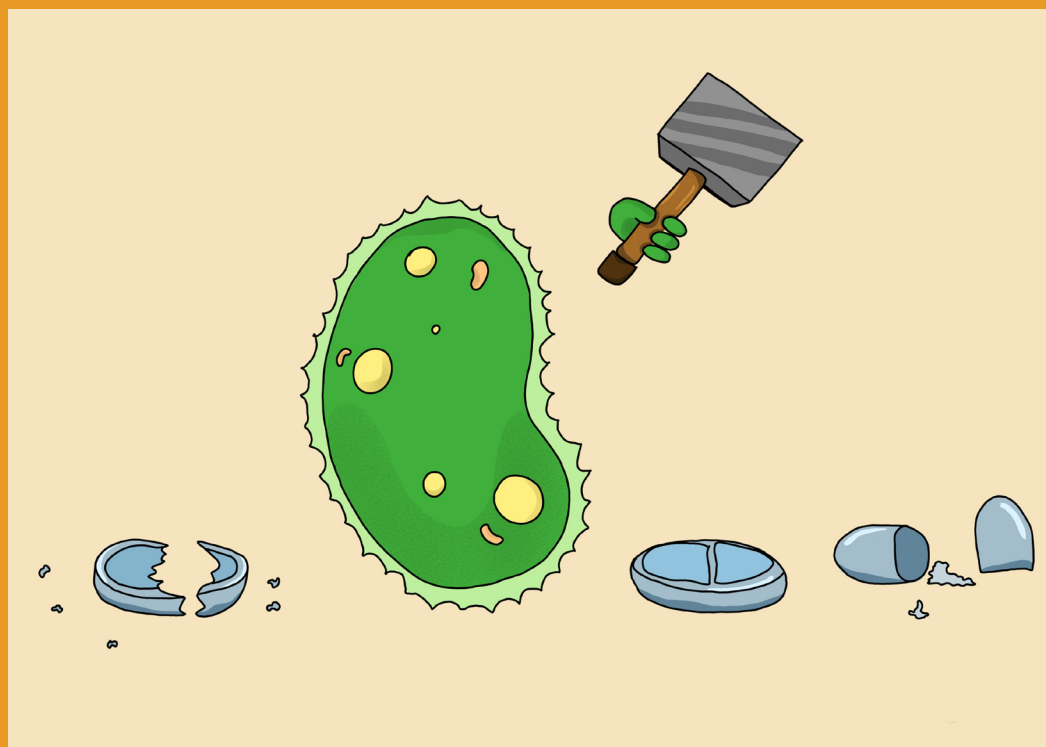


Año 13 / Número 73 / 2024  
Morelia, Michoacán, México  
U.M.S.N.H.



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

# CONTENIDO



Dana Adaid Becerra Zaragoza y Mauricio Alejandro Santos Pérez  
Ambos estudiantes de la Facultad de Bellas Artes de la UMSNH  
Técnica: Ilustración digital

## Caballo de troya bacteriano, conquistando al humano

48

### ARTÍCULOS

Dormir o morir: El letargo de la tortuga	20
Las formas cambiantes que adopta el agua con jabón	25
¿Por qué se caen los edificios?	29
Ultrasonificación: Una tecnología que mejora los alimentos	34
La moringa ¿Un árbol milagro?	38
Mis microorganismos y yo: Un diálogo constante	43
¿El machine learning y la inteligencia artificial nos facilitan la vida?	55
Uso de Internet de las Cosas como apoyo para el cuidado del medio ambiente	60
Bioinformática: Protagonista de la ciencia del siglo XXI	65
Mucílago de nopal: Dando cobijo a otros alimentos	69
Rastreo de Interacciones: Novedoso método para estudiar procesos sociales	72
El derecho penal social mexicano en perspectiva	77
Recorrido del grano de café hasta tu taza	81
Lo que no mata, engorda: La resistencia de las plagas a los insecticidas	86



20



29



38



55



65



72

**ENTÉRATE**

Vehículos autónomos ¿Movilidad futura para personas con discapacidad? 6

Las lentejas al rescate del mundo 10

**TECNOLOGÍA**

Diseño de fármacos antiepilépticos asistido por computadora 90

**UNA PROBADA DE CIENCIA**

La violencia, qué la genera y qué la previene 94

**CIENCIA EN POCAS PALABRAS**

Importancia de la certificación agrícola 98

**LA CIENCIA EN EL CINE**

*Dune* 102

**NATUGRAFÍA**

*Pirangas cabeza roja* 107

**PRIMER INFORME**

Yarabí Ávila González 108-113



**Entrevista Dra. Leonor Solís Rojas**

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), UNAM Campus Morelia

13

# DIRECTORIO



## **Rectora**

Dra. Yarábí Ávila González

## **Secretario General**

D. C. E. Javier Cervantes Rodríguez

## **Secretario Académico**

Dr. Antonio Ramos Paz

## **Secretario Administrativo**

Dr. Edgar Martínez Altamirano

## **Secretario de Difusión Cultural**

Dr. Miguel Ángel Villa Álvarez

## **Secretaría 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 13, No. 73, enero - febrero, es una publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, [sabermas.publicaciones@umich.mx](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, Área de Tecnologías y Procesos de Información de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, 17 de enero de 2024. 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  
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y  
Sustentabilidad (Campus Morelia)  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Morelia, Michoacán. México.

M.C. Ana Claudia Nepote González  
Escuela Nacional de Estudios Superiores (Unidad  
Morelia) Universidad Nacional Autónoma de México  
Morelia, Michoacán. México.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas  
Escuela Nacional de Estudios Superiores (Unidad  
Morelia) Universidad Nacional Autónoma de México  
Morelia, Michoacán. México.

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

Conozco a mucha gente a la que no les gustan las lentejas. Debo confesar que a mí me encantan. Días atrás probé un ceviche de tales leguminosas y de verdad estaba delicioso. Por supuesto, como es tradicional, de inmediato pedí la receta... Creo que más nos vale ir creando formas de cocinarla y disfrutarla, porque esta planta es una maravilla: rica en proteínas, carbohidratos y aceites, probióticos y metabolitos fundamentales para nuestro microbiota, es probablemente uno de los mejores alimentos de los que disponemos y como el artículo lo indica, es un recurso fundamental para alimentar al mundo.

También conozco personas que le tienen un miedo ancestral a los reptiles, yo me cuento entre ellos respecto a las serpientes. No lo puedo evitar, ni siquiera las puedo tocar y pasar junto a una me genera pánico... Pero hay un reptil al que yo y seguramente nadie le teme, se trata de las tortugas. Estos animalitos son muy carismáticos. Incluso la literatura tiene una gran cantidad de narraciones donde salen muy bien "paradas". En este número de *Saber más*, revista de divulgación de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, tenemos un artículo que seguramente nos hará quererlas más. Se trata de un aspecto de su conducta y fisiología poco conocido, el letargo o dormancia que experimentan bajo ciertas circunstancias, disminuyendo su actividad metabólica al mínimo para resistir condiciones ambientales desventajosas. Curiosamente, esta capacidad las puede meter en problemas cuando los cambios ambientales son muy severos... Mejor anímese a conocer este tema de mano de los expertos. Es apasionante...

¿Ha jugado a crear burbujas de jabón? Tal actividad es sencilla y divertida, pero en realidad, detrás de algo tan simple hay mucha ciencia, en particular, física. Si quiere sorprenderse, lea este artículo en nuestra revista. Hay otro tema de física e ingeniería que es fundamental conocer ¿Por qué se caen los edificios? Los temblores, la compactación de los suelos y otros fenómenos pueden tirar construcciones con consecuencias catastróficas, pero porqué sucede esto, que factores ponen en riesgo una construcción. Creo que estamos ante un artículo fundamental y que nos involucra a todos.

Seguramente todos conocemos en La Ilíada, el recurso de engañar a los troyanos dándoles un regalo envenenado, un caballo de madera en que se escondieron los combatientes griegos para "tomar" desde dentro la ciudad y terminar con los troyanos: El sorprendente caballo de Troya. A veces nos encontramos pensando que la naturaleza imita al arte, porque en nuestro cuerpo se esconde un objeto de estos, o más adecuadamente, se esconden millones de estos artilugios, las bacterias que portan multi-resistencias a los antibióticos, las armas más eficaces para combatir a las enfermedades provocadas por estas. Hemos generado, a través del uso inadecuado de estas armas, un problema muy grave que amenaza nuestra salud, al grado de considerarse la nueva pandemia silenciosa.

En fin, como es habitual, nuestra revista está lleva de artículos muy interesantes para sumergirse en el mundo de la ciencia, de una manera lúdica, entretenida y sencilla, pero con materiales y explicaciones de los expertos. Venga con nosotros...

**Horacio Cano Camacho**  
*Editor*



# ENTÉRATE

## Vehículos autónomos ¿Movilidad futura para personas con discapacidad?

\* Juan Antonio Guerrero-Ibáñez



Dentro del entorno de conducción vial, existe un grupo conocido como **usuarios vulnerables**. Un usuario se considera vulnerable si **no está protegido por algún escudo exterior**, por lo cual, en caso de una eventualidad, pueden sufrir lesiones considerables. Este grupo incluye los peatones, ciclistas, motociclistas y, últimamente, personas que se transportan a través de scooter, patines, entre otros. Dentro de la categoría peatones, **las personas con discapacidad se consideran el subgrupo más vulnerable**.

### Personas con discapacidad

El término discapacidad hace referencia a la **limitación (física o mental)** que enfrenta una persona **para realizar una actividad cotidiana**. Esas

limitaciones tienen un impacto directo en la persona, ya que le **difículta su integración de forma natural a la sociedad**. Datos publicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), mencionan que en el mundo se rebasa la cifra de **mil millones de personas** que experimentan **algún tipo de discapacidad**. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), menciona que más de **6.2 millones de personas** sufren algún tipo de discapacidad.

### La movilidad para las personas con discapacidad

Se han realizado muchos esfuerzos en el sistema de transporte para incluir mejoras que cubran algunas de las necesidades de las personas con discapacidad; no obstante, siguen existiendo grandes

diferencias entre las personas con y sin discapacidad en cuanto a sus opciones de movilidad. Estas personas, diariamente se enfrentan a **serios problemas para desplazarse de manera independiente**, y muchas de ellas, dependen de otras personas para poder desplazarse de un punto a otro. En la actualidad, **existen pocas opciones de medios de transporte accesibles y asequibles** para estas personas, requiriendo un mayor esfuerzo para lograr su inclusión natural.

Durante años, los fabricantes de vehículos no se han enfocado en crear vehículos que sean accesibles para personas con discapacidad. Peor aún, si se desea adaptar, el vehículo para la persona con discapacidad genera gastos de varios miles de pesos.

### Los vehículos autónomos

En la última década, se ha impulsado la creación de vehículos autónomos como un medio potencial que transformará el transporte, siendo considerados como una **alternativa para mejorar la movilidad** en las grandes ciudades. Un vehículo autónomo está equipado con **sistemas intelligen-**

**tes** que utilizan para imitar las **habilidades de conducción de las personas**.

Algunas bondades que se esperan de los vehículos autónomos son la **reducción del número de accidentes** ocasionados por errores humanos. Asimismo, contribuirán a **reducir los niveles de contaminación** en las ciudades, considerando que la mayoría de estos están pensados en utilizar **energías renovables para su funcionamiento**. Mediante la conducción eficiente de estos vehículos, se **reducirá el congestionamiento vial**, reduciendo los niveles de contaminación. Otro beneficio será la **comodidad**, las personas que se desplacen a través de este tipo de vehículos, no tendrán que preocuparse de nada, ya que no requerirán la ayuda de las personas.

Para las personas con discapacidad, que no pueden acceder al transporte público, o que se ven obligados a hacer uso de taxis o depender de familiares para poder desplazarse, los vehículos autónomos se visualizan como una tecnología que podría cambiar su forma de vida, revolucionando la forma en que ellos se desplazan por las ciudades. Pero,



¿realmente son la solución a todas las barreras que se enfrentan día a día las personas con discapacidad?

### Los vehículos autónomos y las personas con discapacidad

Algunas personas opinan que la implementación de los vehículos autónomos podría llenar la falta de opciones de transporte para las personas con discapacidad, ya que consideran que operar **este tipo de transporte tendría costos más bajos** que el de los taxis actualmente. Esto, en cierta forma, podríamos decir que es cierto, por el simple hecho de que se eliminaría el costo de tener una persona conduciendo la unidad. Además, consideran que **ofrecerán la «movilidad para todos»**, ya que adultos mayores, niños o personas con movilidad o visión reducida, se podrán desplazar de un punto a otro en estos vehículos.

No obstante, no todo es color de rosa, ya que esta revolución puede no ser real del todo. Existe mucho escepticismo por parte de las personas con discapacidad, que está muy justificado. En los últimos años, **compañías como Uber y Lyft** han anunciado que su flota de vehículos de alquiler serían una **alternativa viable y de gran ayuda** para el desplazamiento de personas con discapacidad; sin embargo, **los vehículos carecen de características que los hagan unidades accesibles para estas per-**

sonas. Y no hablemos de cómo los vehículos autónomos interactuarán con estas personas, o cómo detectarán sus intenciones. Lo que debemos de tener claro es que, cuanto más accesibles sean desde el principio, más se beneficiará todo el mundo.

Lo importante de este asunto es que, si en realidad queremos que los vehículos autónomos sean la solución para la movilidad independiente de cualquier persona con discapacidad, necesitan ser **involucradas durante todas las etapas de desarrollo y legislación** de esta tecnología, de otra manera, lo que se vislumbra como algo que mejorará las condiciones de desplazamiento, podría dar un giro y agravar la situación actual.

A continuación, discutimos algunos factores que podrían poner en riesgo esta idea de que «los vehículos autónomos son de beneficio» para las personas con discapacidad.

Comencemos con **la cuestión económica**, cuando los coches totalmente autónomos sean una realidad, su costo será bastante elevado. Esto implica que será inalcanzable para la mayoría de las personas con discapacidad, por lo tanto, incrementaría el problema de accesibilidad al transporte. Es necesaria la intervención de la legislación para **evitar los problemas de equidad**.

Otro punto a considerar, es si **los coches autónomos serán seguros para las personas con discapacidad**. Los fabricantes nos han vendido la idea





de que estos reducirán los accidentes de tráfico debido a errores humanos. Si las personas con discapacidad no son consideradas en las fases iniciales del proceso de desarrollo de los vehículos autónomos, estos se podrían convertir en vehículos inseguros para las personas discapacitadas. Uno de los problemas que enfrentarían, es **que no sean identificados de forma correcta**, por lo que los sistemas de percepción deberán tener la capacidad de reconocer diferentes tipos y formas de cuerpos.

La idea principal es que el vehículo autónomo **identifique a las personas discapacitadas de igual manera que identifica a las personas sin discapacidad**, para que, en una situación de riesgo inminente, el vehículo lo detecte de forma adecuada y, por lo tanto, priorice su vida como lo haría con una persona sin discapacidad. En pocas palabras, si la tecnología no tiene la capacidad de identificar todos los medios de ayuda para la movilidad, entonces **los vehículos autónomos se podrían convertir en un peligro** para las personas con discapacidad. Para solventar este problema, los sistemas de percepción deberán ser entrenados con un amplio abanico de personas y sus movimientos (tanto personas sin discapacidad como personas con algún tipo de discapacidad), permitiendo al vehículo autónomo identificar, clasificar, rastrear y predecir el comportamiento de todo tipo de peatones.

Otro problema es el **acondicionamiento de los vehículos autónomos**. Será necesario adaptarlos para facilitar el acceso de las personas discapaci-

tadas, equiparlos con rampas, espacios para silla de ruedas y sistemas de comunicación o interacción. Al no contar con conductor, ni volante, ni pedales, los vehículos **podrán aprovechar mejor el espacio** y ser modificados de acuerdo con las necesidades.

Debemos considerar que la tecnología de vehículos autónomos para desplazarse de un punto a otro, tal vez **no será suficiente para que las personas con discapacidad sean independientes**, ya que deberán contar, además, con un sistema tanto en el interior como en el exterior que permita entender sus necesidades, observar el entorno cercano y comunicarse de la mejor manera con ellas. Por ejemplo, deberá incluir **mecanismos inteligentes** en el interior para **interpretar instrucciones habladas o mediante lenguaje de señas proporcionadas** por las personas discapacitadas. En el exterior, deberán estar equipados con sistemas sofisticados para detectar, identificar, interpretar y comunicar las acciones a seguir, mediante interfaces adaptadas a las necesidades del peatón (pantallas, sonidos, mezcla de las dos, entre otras).

Aún falta mucho por hacer, sin embargo, **el problema puede crecer si no se consideran las necesidades de los peatones con discapacidad desde el principio**.

*Juan Antonio Guerrero-Ibáñez.* Profesor-Investigador de la Facultad de Telemática, Universidad de Colima, Colima, México.  
*antonio\_guerrero@uacol.mx*



CIAT. (12 de septiembre de 2019). GOV.CO. Recuperado el agosto de 2022, de La inteligencia artificial ayuda a los productores de banano a proteger la fruta favorita del planeta: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-inteligencia-artificial-ayuda-a-los-productores-de-banano-a-proteger-la-fruta-favorita-del-planeta.aspx>

AGRIO. (2019). AGRIO. Recuperado el agosto de 2022, de Aplicación para identificar enfermedades y plagas en las plantas: <https://agrio.app/App-para-identificar-enfermedades-y-plagas-en-las-plantas/>

Universitat de Barcelona. (2022). La inteligencia artificial, base de una aplicación para detectar enfermedades y plagas en cultivos hortícolas. Obtenido de <https://web.ub.edu/es/web/actualitat/w/la-inteligencia-artificial-base-de-una-aplicacion-para-detectar-enfermedades-y-plagas-en-cult>. (U. d. Barcelona, Productor) Recuperado el agosto de 2022, de La inteligencia artificial, base de una aplicación para detectar enfermedades y plagas en cultivos hortícolas: <https://web.ub.edu/es/web/actualitat/w/la-inteligencia-artificial-base-de-una-aplicacion-para-detectar-enfermedades-y-plagas-en-cultivos-hortícolas>

# ENTÉRATE

## Las lentejas al rescate del mundo

\*Vicente Montejano-Ramírez



Foto: ©Stockfood

Desde cafés, rojas, rosadas, verdes, amarillas y negras, las lentejas se encuentran en diversos colores, así como texturas y tamaños. La lenteja fue, posiblemente, **el primer cultivo en ser domesticado** hace aproximadamente 11 000 AP en el creciente fértil; sin embargo, ni las investigaciones arqueológicas ni las genéticas, han podido hallar el **lugar exacto de su domesticación**, lo que sí se sabe, es que *Lens culinaris* subsp *orientalis* es el progenitor silvestre de las especies de lentejas cultivadas. Esta subespecie es originaria del continente más grande y poblado del mundo, el gigante **Asia**, aunque como siempre, en la ciencia hay diferentes opiniones, por lo cual, otra hipótesis sugiere que el verdadero predecesor de las lentejas

es *Lens nigricans*, y que su domesticación se localiza en **Europa del sur**.

Con todo y los altibajos a los que se enfrenta la lenteja respecto a su origen, su cultivo va en aumento. De acuerdo con datos de la FAOSTAT (siglas en inglés de Datos Estadísticos Corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación), la producción de lenteja ha incrementado año con año con una estimación anual de siembra de seis millones de hectáreas (ha), siendo **India, Canadá y Turquía, los principales países productores**. A pesar de que no figura entre los principales productores, en **México** se siembra una superficie aproximada de 8 550 ha de lenteja, con un rendimiento total de **8 931 toneladas**.

El cultivo de esta leguminosa se realiza, principalmente, en **Michoacán**, el cual ocupa el primer lugar con cerca de 7 373 ha y una producción de **7 689 toneladas**, así como un rendimiento promedio de una tonelada por hectárea. Entonces, si hasta el origen de este cultivo es incierto, ¿por qué tanta locura con su producción? ¿Por qué la lenteja ha estado ganando terreno en diferentes países? Lo averiguaremos a continuación.

#### La importancia de la lenteja está en su nobleza

La nobleza de la lenteja radica en que es un cultivo con un **amplio rango de crecimiento**. Es tan, pero tan noble, que puede crecer en diversos tipos de suelos, con un pH desde 5.5 a 9 y tener una resistencia a la sequía, por lo cual puede crecer en diferentes partes del mundo. Aún hay más, ya que la lenteja es **rica en proteínas, carbohidratos y aceites**, en una proporción de 23.25 %, 59 % y 1.8 %, respectivamente, lo cual la convierte en una fuente de proteína de bajo costo, además de ser una **opción viable y sustentable para prevenir la desnutrición en países en desarrollo**, siendo así,

una **alternativa al uso de proteínas animales**, que son más caras y cuya producción tiene un efecto más dañino en el ambiente ¿Sorprendidos? ¡Eso no es todo! Sigamos conociendo más a fondo los diversos beneficios de las lentejas.

#### Beneficios del consumo de lenteja para el ser humano

Ya hablamos sobre el contenido de proteína en la lenteja, el cual es alto y de gran beneficio para los seres humanos, pero no hemos hablado de los prebióticos. Así es, la lenteja **contiene carbohidratos de baja digestibilidad**, los cuales **funcionan como prebióticos**, ofreciendo un sustrato a los microorganismos que los humanos hospedan en los intestinos, los cuales usan selectivamente para regular su crecimiento y su diversidad, a fin de conferir beneficios a la salud humana. La **microbiota intestinal** regula la comunicación entre los sistemas nervioso, endócrino e inmune, a través de la **interacción cerebro-intestino**. Esta comunicación tiene efectos sobre la aparición y el desarrollo de enfermedades del sistema nervioso central, especialmente el Parkinson y el Alzheimer.



Por otra parte, los **metabolitos producidos por la microbiota**, interactúan con el humano hospedero para **desarrollar enfermedades cardiovasculares**, como hipertensión y aterosclerosis, además de **obesidad, diabetes, enfermedad inflamatoria intestinal y cáncer** de colon. Por lo tanto, mantener una microbiota intestinal adecuada, reduce los riesgos de sufrir dichas enfermedades. A través de los prebióticos, **la lenteja aporta los requerimientos necesarios** para mantener una microbiota intestinal sana.

Si todo lo anterior no les convence sobre la majestuosidad de esta leguminosa, entonces ¡Hablemos del SARS-CoV-2! La lenteja **produce diversas lectinas**, las cuales son proteínas que presentan **actividad antiviral contra SARs-CoV**, debido a que bloquean la unión de ACE2 (receptor del virus) con la proteína «Spike» S del virus, esta interacción se produce durante las primeras etapas de la infección. La lenteja no solo protege la salud humana, sino que también aporta beneficios cuando se trata de cuestiones de fitorremediación, como veremos a continuación.

### La lenteja sana al suelo

Resulta casi imposible hablar de los beneficios que las lentejas aportan al suelo, si se deja de lado a los **nódulos** —¡Sí, esos pequeños «bultos» rosados que se forman en las raíces de las leguminosas!—, los cuales **son producto de la interacción con bacterias** fijadores de nitrógeno, conocidas como **rizobios**. Pero, ¿por qué los nódulos son tan importantes para este cuento? Por el nitrógeno que aportan a la planta. La deficiencia de nitrógeno en suelos agrícolas es un problema de antaño que se

ha estado resolviendo con la aplicación de fertilizantes nitrogenados, lo cual tiene un alto impacto ambiental, como la pérdida de cuerpos de agua debido a la eutrofización, así como en lo económico.

Tan solo en la Unión Europea, costear los gastos causados por los daños ambientales que ejercen los fertilizantes, resulta en una inversión de entre los 70 y 320 billones de euros. La fijación biológica de nitrógeno atmosférico llevada a cabo por los nódulos, **reduce el uso de fertilizantes y mejora el contenido de nitrógeno en el suelo**, debido a que después de la cosecha, las raíces de la lenteja se descomponen, sirviendo así, como fuente de nitrógeno para futuros cultivos, o proporcionándolo directamente cuando se realizan intercultivos de lenteja y otra planta de interés agrícola. Por otra parte, además de proveer nitrógeno, las lentejas **ayudan a eliminar los restos de herbicidas** presentes en los suelos. En suelos contaminados por clorsulfuron® y sembrados con lenteja, se observó que la presencia de esta leguminosa degradaba al herbicida. Adicionalmente, la lenteja se puede usar como **bioindicador de citotoxicidad**: los suelos contaminados por paraquat® son evidenciados debido a una disminución en la longitud de las raíces de la leguminosa desde los tres días de interacción.

Después de leer todas estas maravillas acerca de la lenteja ¿No se les antoja ayudar al ambiente y proteger su salud? Entonces, ¡es hora de consumir un buen plato de lentejas rojas, verdes, cafés o negras! Hay colores para toda clase de gustos y exigencias.

**Vicente Montejano-Ramírez.** Posdoctorante en el Laboratorio de Ecología Microbiana, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.  
[0678380c@umich.mx](mailto:0678380c@umich.mx)



Delegación SADER Michoacán. (28 de abril de 2023). *Lenteja michoacana rebasa los 86 mdp en valor de producción. Gobierno de México.* <https://www.gob.mx/agricultura/michoacan/articulo/lenteja-michoacana-rebasa-los-86-mdp-en-valor-de-produccion?idiom=es>

Liber M., Duarte I., Maia A.T. y Oliveira H.R. (2021). The history of lentil (*Lens culinaris* subsp. *culinaris*) domestication and spread as revealed by genoty-

ping-by-sequencing of wild and landrace accessions. *Front. Plant Sci.*, 12, 628439. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.628439>

Sáenz-Reyes J.T., Muñoz-Flores H.J., Ruíz-Rivas M., Rueda-Sánchez A., Castillo-Quiroz D. y Castillo-Reyes F. (2022). Diagnóstico del cultivo de lenteja en unidades de producción familiar en Michoacán. *REMEXCA*, 13, 35-44. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3160>

# ENTREVISTA

**Dra. Leonor Solís Rojas**

Por:Rafael Salgado Garciglia



**L**eonor Solís Rojas es Licenciada en Biología por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); recién iniciaba el campus de la UNAM en Morelia, realizó sus tesis en el área de mastozoología con el Dr. Héctor Arita, a quien admiraba, además de por su profesionalismo, por su labor de divulgación. Es Maestra en Ciencias en el área de etnoecología, desarrollando su investigación con el grupo indígena Cuicateco en la región de Tehuacán Cuicatlán, con el Dr. Alejandro Casas, adscrita al Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), actualmente Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Susten-

tabilidad (IIES), también en el campus de la UNAM en Morelia. Durante ese tiempo también realizaba actividades de divulgación de la ciencia.

Mientras estudiaba su maestría, estudió fotografía en la Fábrica de Imágenes, aquí en Morelia, consiguiendo varias becas estatales y regionales en el ámbito de la fotografía artística. Por su experiencia en fotografía, con perfil sobre divulgación y su gran interés por la comunicación ambiental, fue contratada para realizar la comunicación del IIES, donde labora hasta el día de hoy y donde participa activamente en espacios de divulgación de la ciencia. Es el contacto institucional del IIES

con medios masivos de comunicación y responsable de sus redes sociales y de los contenidos de la página web, coordina actividades de divulgación, produciendo videos y la publicación de artículos científicos y de divulgación. Actualmente, uno de sus mayores intereses es la Comunicación Audiovisual Ambiental.

En cuanto a la docencia, participa desde sus inicios como docente en la Licenciatura en Ciencias Ambientales en la Escuela Nacional de Estudios Superiores (UNAM, campus Morelia), y también en el posgrado de Ciencias Biológicas. Después de 10 años de laborar en el IIES, realizó estudios de Doctorado en Comunicación en el Departamento de Periodismo de la Universidad de Navarra, en España.

Ha sido acreedora de distintos reconocimientos: Medalla Martínez Alfaro por la Sociedad Mexicana de Etnobiología, Premio Gustavo Baz Prada de Servicio Social de la UNAM, Premio Estatal de Divulgación de la Ciencia que otorga el gobierno de Michoacán y el Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz que otorga la UNAM. Ha sido coordinadora de medios audiovisuales de la Sociedad Mexi-

cana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica A.C. (SOMEDICYT). Es miembro fundador de la Red Mexicana de Periodismo de Ciencia, parte del Consejo Directivo de la Asociación Internacional de Comunicación Ambiental y ahora parte del comité editorial de la revista de Comunicación Ambiental.

### **Queremos saber de tus primeras aspiraciones personales. ¿Por qué eres bióloga y por qué venir a Morelia?**

Desde muy corta edad sentí una fascinación por la ciencia, la química, la biología, las matemáticas me encantaban, y desde los 9-10 años dije que iba a ser bióloga. En mi infancia influyeron muchos libros que podía hojear en casa de mis padres y mis abuelos. En particular, los documentales de Jacques-Yves Cousteau me impactaron muchísimo, poder mirar sus aventuras de exploración marina me parecían fascinantes y me contagiaron la curiosidad y la pasión por los seres marinos. Jane Goodall fue un personaje que también influyó mucho en mí, fue un referente femenino muy importante para mí y para mi generación. Así que por ambas partes soñaba con bucear por los mares e irme a estudiar





el comportamiento de los gorilas en África. La verdad es que mis papás no estaban muy convencidos de mi vocación, pero les agradezco que me hayan dejado estudiar la carrera que elegí. Cuando concluí la licenciatura y llegó el momento de elegir un asesor de tesis de licenciatura, elegí al Dr. Héctor Arita porque nos había dado clases de Biología de la Conservación y era un área a la que me quería dedicar. El Dr. Arita, muy amable, me dijo que sí, pero que la única condición es que se mudaría a Morelia, y si quería hacer la tesis con él, yo también tenía que mudarme aquí, y fue así, sin planearlo ni pretenderlo, que me vine a Morelia. La verdad es que tengo poca memoria sobre ese momento, solo recuerdo que mi maleta era pequeña y me di cuenta de que tenía muy pocas cosas cuando tomé el autobús para venirme a vivir aquí. Según yo, venía por seis meses y ya llevo 25 años aquí.

**Bióloga y divulgadora de la ciencia, ¿cuáles fueron los primeros temas de interés sobre divulgación y por qué?**

Mis primeros intereses en divulgación se vieron influenciados por mis lecturas. En particular, me fascinaba, y todavía me fascina, la forma que tiene

de escribir el Dr. Héctor Arita, quien fue mi asesor de licenciatura, pero que es un gran lector y también un súper aficionado por la historia natural. Héctor reúne en su forma de escribir divulgación su pasión por los fenómenos naturales, la profundidad de su conocimiento y su capacidad de hacer interconexiones de eventos que resultan de lo más interesantes. Todo esto es producto, a su vez, de su fascinación por autores como Stephen Jay Gould, hasta el punto que le decían el Jay Gould mexicano; también por E. O Wilson y Jared Diamond, y al ser su estudiante, lo iba compartiendo conmigo. Todo esto lo comento porque mis temas han estado muy relacionados con mis intereses, primero con la mastozoología, la relación entre la fotografía y la ciencia, la etnobiología, la etnobotánica, la etnoecología y luego los temas ambientales de forma más general y, finalmente ahora, la comunicación del cambio climático.

**Con tu amplia experiencia, ¿podrías describirnos la importancia actual de la divulgación de la ciencia?**

Pienso que la divulgación está en un momento soñado, es decir, que ya está presente de muchas

formas y es realizada por muchas personas, con alcances muy diversos. Me encanta ver tantos especialistas compartiendo su quehacer, sus intereses en redes sociales, ya no es tanto una divulgación generalista, podemos ver canales con temas muy particulares, con una forma muy individualizada de compartir nuestra pasión por la ciencia que me resulta fascinante. Prácticamente de cualquier tema podemos encontrar contenidos en las redes sociales más utilizadas como Instagram o Tik Tok. Podemos seguir a investigadores y a estudiantes particulares, sus salidas de campo, lo que van viendo. Así como temas particulares: hongos, bacterias, física y personajes o influencers con una forma de comunicar muy carismática y particular. Últimamente me fascina, por ejemplo, la física Alba Moreno con su canal @físicamr, me parece algo así como la Rosalía de la física.

**La mayoría hemos empezado con la divulgación escrita y oral, pero ¿Hacia dónde ha evolucionado la técnica de divulgar?**

Las tecnologías influyen mucho en el quehacer de la comunicación de la ciencia. En este sentido, quizá muchos comenzamos con la divulgación oral y escrita, pero con la era digital, las nuevas tecnologías diversificaron la forma de divulgar, y

la tecnología necesaria para hacerlo se fue volviendo más accesible, con esto me refiero a cámaras fotográficas de video, softwares que permiten o facilitan la construcción de blogs y páginas web. A este respecto, poco a poco hemos podido pasar, por ejemplo, en mi caso que soy bióloga y que al inicio con trabajos llevaba una cámara fotográfica al campo, pasar a una cámara de video y poder realizar registros de video profesional en campo que pueden funcionar para compartir en televisión, en video, etc.

Ahora con un buen celular puedes realizar cosas muy profesionales que dan con la resolución necesaria para ser compartida en redes sociales. Teniendo en cuenta que muchas veces, las propias redes sociales ya tienen un mayor alcance que la propia radio o la televisión, en realidad tenemos al alcance de nuestra mano una serie de herramientas que hasta hace relativamente poco tiempo eran impensables.

**¿Por qué publicar un *Manual básico de video para la comunicación y el periodismo de ciencia?***

Tuve que aprender a producir videos de forma autodidacta, para ello necesité revisar muchos libros y publicaciones que me explicaran cómo hacer las cosas. Me resultó difícil en su momento, encontrar una publicación que me dejara claras cuestio-



© Leonor Solís: iies/UNAM





nes muy básicas de la producción, que fuera corta en extensión y muy concreta en cuanto a la forma de hacer las cosas. Lo que buscaba era una publicación que me permitiera o facilitara comprender, de manera muy general, en qué consistía la producción de un video, los pasos a seguir y las cosas esenciales para poder realizarlo. Fue así como nació la idea de este manual, pensando en que posiblemente no era la única científica que quería hacer esto, y también porque en el círculo de periodistas de ciencia, con el auge de las publicaciones en redes sociales, percibí esta necesidad. También la mayoría de los materiales que existen están dirigidos a personas que estudian cine o comunicación, y este en específico fue ideado para que científicos, divulgadores y periodistas de ciencia, pudieran realizar este tipo de trabajo.

**Háblanos de tus proyectos más recientes de comunicación. Primero, de algunos productos para las comunidades indígenas y, segundo, lo relacionado con el cambio climático.**

Mi pasión hacia la comunicación de la ciencia se ubica en lo que puede considerarse dos extremos. Por un lado, las comunidades rurales e indígenas, alejadas, con pocos recursos económicos, donde persiste la tradición oral y donde muchas veces son analfabetas. Esto ha cambiado mucho en

los últimos años con los celulares e internet. Pero por mucho tiempo trabajé en este tipo de realidades y comunicar nuestro quehacer implica estar en constante diálogo con las comunidades, un diálogo cercano, una conversación profunda. También bajo una perspectiva autocrítica de lo que hacemos como científicos que muchas veces se limita a las publicaciones y las regiones donde trabajamos a veces no se enteran de los resultados que encontramos, etc. Entonces, junto con otros investigadores y estudiantes, por años hemos buscado formas de comunicar nuestro trabajo en el entorno rural y en comunidades indígenas. Esto implica mucho aprendizaje colectivo. Tuvimos un proyecto, por ejemplo, en la región de Chilapa, Guerrero, por casi 10 años, donde fuimos aprendiendo a «entregar» la información a las comunidades como mejor pudimos y como ellos mismos sugerían, a través de catálogos de plantas y animales, mapas de riesgos, formas comunitarias de medir, por ejemplo, la calidad del agua. En otros sitios hemos recopilado el conocimiento tradicional, realizando materiales didácticos y juegos. En este ámbito, todavía falta mucho por hacer y aprender. Ver de qué forma construimos un conocimiento colectivo o una forma en que las propias comunidades vean la utilidad de nuestro quehacer y su aplicación directa cuando sea el caso.

En el otro extremo, me fascina la tecnología y los avances tecnológicos que nos permiten y facilitan comunicarnos, en este caso, a través de las redes sociales. Cada vez más, como mencioné anteriormente, tenemos al alcance de la mano herramientas que eran inimaginables hace una o dos décadas. Sin embargo, la forma en que funcionan las redes sociales también tiene su lógica e intereses y, muchas veces, digamos que el conocimiento científico no es priorizado por los algoritmos. Entonces eso también representa un reto para la comunicación de la ciencia, en particular para temas prioritarios a nivel global como el cambio climático, que es un tema que requiere de un alcance generalizado y urgente, con la participación global de todos los sectores y actores sociales, por ello se considera uno de los más grandes retos de la sociedad actual.

La comunicación del cambio climático es una de las áreas emergentes de la comunicación ambiental y se ha desarrollado en los últimos veinte años, descubriendo que es un tema muy complejo para comunicar porque no es algo concreto como, por ejemplo, lo fue la capa de ozono en su momen-

to, donde podíamos ver el agujero de manera clara visualmente y, por otro lado, la solución relacionada con la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) también era bastante direccional. Sin embargo, el cambio climático no lo podemos ver, y sus soluciones implican cambios gigantes de la sociedad en los que intervienen muchísimos intereses económicos y sociales. Por tanto, su comunicación es un gran reto. Además, por ejemplo, se ha visto que, si compartes de una forma catastrofista, las personas se aterran y se paralizan; si lo haces de forma más suave o positiva, provoca que no le den la importancia que merece. Entonces, su comunicación se convierte en un tema sumamente complejo, pero es urgente. En ese sentido, mi investigación gira en torno a la forma en que las noticias en redes sociales nos comunican este tema y mirar cuestiones de información, de emociones que transmiten, de visuales, qué tan formal o no formal presentan las cosas, qué tan rápido o lento, qué tan superficial o profundo. Todo esto nos permite comprender formas para comunicar mejor y también para analizar las formas en que las personas perciben esta comunicación en redes sociales con sus *likes*, reproducciones, etc.

**Una de tus grandes pasiones es la fotografía. ¿Por qué es tan importante en la divulgación de la ciencia?**

La fotografía, y más allá de la fotografía, las imágenes son muy relevantes para comunicar la ciencia porque nos permiten tanto percibir cómo comprender mejor y de manera más clara y directa cualquier actividad científica. Un astrónomo puede hablarnos de las exploraciones que se realizan en el espacio, pero poder ver las imágenes que se toman es fascinante, tanto de planetas, como de nebulosas, etc. Una imagen microscópica, lo mismo, además de su estética, permite comprender que hay cosas diminutas que no somos capaces de ver, pero que existen y tienen sus fenómenos, o diminutos seres que realizan cosas como las bacterias y los virus. En el caso ambiental, igual nunca iremos al Amazonas, pero podemos ver su belleza, así como su destrucción a través de las imágenes, también, por ejemplo, en estos días, desafortu-





nadamente, han circulado imágenes de los niveles de los lagos de Pátzcuaro y de Cuitzeo con diferentes años de referencia que nos permiten evidenciar la forma en que se van secando. Pero también tenemos los gráficos, la ilustración científica, los mapas, un montón de imágenes que han facilitado que los científicos puedan compartir y explicar los fenómenos que estudian. Es por esto que me fascina el mundo de las imágenes.

***Saber Más* es un instrumento de divulgación escrita de la ciencia en formato digital desde sus inicios. ¿Qué opinas de este trabajo y hacia dónde debemos dirigirnos para llegar a más lectores y colaboradores?**

Con respecto a la revista, yo no puedo más que expresar mi admiración por esta iniciativa, porque sé que este tipo de proyectos no son fáciles de mantener. Se requiere de personas muy comprometidas con esta labor. El que haya persistido refleja, por un lado, este compromiso de quienes llevan

la revista como el nicho que abren y el interés que despiertan en la comunidad de científicos, deseando divulgar su quehacer y de los lectores que son el objetivo principal.

La revista ha ido a la par con el desarrollo de las tendencias en redes sociales, realizando mucho trabajo también alrededor de esto. Quizá, pensando en la llamada *Economía de la Atención*, podría ser que les soliciten a los autores los cinco puntos más relevantes de su texto y eso compartirlo y, para quienes les llame la atención, incluir la liga al artículo completo. Es lo que se me ocurre de momento, ojalá les sirva.

Muchas gracias.

# ARTÍCULO

## Dormir o morir: El letargo de la tortuga

Ernesto Raya-García y Rodrigo Macip-Ríos



Fotografía: Ernesto Raya-García.

**Ernesto Raya-García.** Profesor e Investigador del Laboratorio de Ecología Evolutiva de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Morelia. Morelia, Michoacán.  
[tuataraya@hotmail.com](mailto:tuataraya@hotmail.com)

**Rodrigo Macip-Ríos.** Profesor e Investigador del Laboratorio de Ecología Evolutiva de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Morelia. Morelia, Michoacán.  
[rmacip@enesmorelia.unam.mx](mailto:rmacip@enesmorelia.unam.mx)

Las tortugas están dentro de ese grupo selecto de animales carismáticos con los que la humanidad se ha identificado a lo largo de la historia. Estos animales están bien representados en diversas áreas de nuestra cultura, literatura, religión, arte, ciencia y en muchas otras tantas manifestaciones humanas. Curiosamente, también son el único grupo de **reptiles que no generan miedo** o repulsión entre la mayoría de las personas.

Desde un punto de vista biológico, las tortugas son de los **vertebrados más antiguos y longe-**

vos que siguen habitando la tierra. **Han sobrevivido**, por lo menos, **a dos extinciones masivas** y en la actualidad persisten cientos de especies. De principio, el ancestro original de las tortugas fue un organismo completamente terrestre y poco parecido a las especies actuales, después de **100 millones de años de evolución**, surgieron la mayoría de las especies acuáticas y semiacuáticas actuales, y más recientemente, hace 50 millones de años solo unas pocas especies evolucionaron para colonizar el mar.

### El letargo de las tortugas

Aquí nos detendremos un poco para comentar sobre las primeras dos versiones biológicas o formas de vida, es decir, las tortugas terrestres y acuáticas. Estos grupos de tortugas, al igual que las especies marinas, han sido el objeto de estudio para muchos biólogos y científicos de todas partes del mundo. Una característica poco explorada en tortugas (y otros animales) es el fenómeno de la **dormancia o letargo**, conocida también como

la capacidad y habilidad que tienen ciertos organismos de suspender temporalmente cualquier actividad física, reduciendo al mínimo permisivo sus funciones biológicas para lograr entrar en un **estado de reposo similar al sueño**. Este reposo o inactividad **puede llegar a durar varios años en algunas especies** de plantas o animales.

Existen cuatro tipos de dormancia que podemos identificar en la naturaleza: hibernación, brumación, estivación y diapausa. La **hibernación**, es el tipo de dormancia que comúnmente la mayor parte de la gente conoce o comprende. Quizás deberíamos agradecerles a los osos (otro carismático animal ligado a la humanidad), ya que, frecuentemente, nuestra mente y cerebro ligan la hibernación con los osos. Cualquiera podría fácilmente decir que la hibernación es cuando los osos se duermen para escapar de los **duros inviernos y de la falta de alimento**. Efectivamente, esto es correcto y así funciona, pero también existen dormancias un tanto distintas como la estivación.



Hembra adulta de la tortuga casquito de Álamos (*Kinosternon alamosae*). Fotografía: Ernesto Raya-García.



A la izquierda, un individuo adulto de la tortuga casquito de Álamos (*Kinosternon alamosae*) estivando a pocos metros de distancia de su hábitat acuático. A la derecha, la técnica de radio-telemetría para la búsqueda de tortugas y sus hábitats de estivación. Fotografías: Ernesto Raya-García y Daniel Antelo.

La **estivación** es el letargo originado como respuesta a las condiciones extremas y periódicas **producidas durante el verano o estación seca**. Estas condiciones pueden ser debidas a un aumento considerable de la temperatura ambiental o a una disminución importante de la humedad o del agua superficial. La **brumación** es otro ejemplo de dormancia más parecida a la hibernación, pero se diferencia de esta última por tener **lapsos de intermitente despertar**, es decir, no es un sueño completamente profundo, prolongado y constante como la hibernación. Finalmente, la **diapausa** es un letargo más enfocado en **pausar o sincronizar momentos del desarrollo** o crecimiento de un individuo, por ejemplo, el desarrollo embrionario en vertebrados o la metamorfosis en insectos.

Es muy posible que **las tortugas puedan realizar** (si lo necesitan) **los cuatro tipos** de estrategias de dormancia o letargo. Hay tortugas que hibernan en el hemisferio norte, algunas estivan en el trópico seco y desiertos, otras entran en brumación en zonas semidesérticas, mientras que muchas presentan diapausa en el desarrollo embrionario. También se ha identificado que estos organismos se valen de la posibilidad de hacer pequeñas migraciones hacia

cuerpos de agua más estables y que no se secan durante todo el año. Sin embargo, los científicos estamos **comenzando a comprender un poco más sobre estas estrategias** y su importancia en las relaciones ecológicas y evolutivas.

La **hibernación y la estivación** son de las dormancias **más comunes entre tortugas**. Existen especies como la tortuga de pantano rayada, *Kinosternon baurii*, que pueden hacer uso de ambos tipos de dormancia, otras especies como *Kinosternon alamosae* y *K. chimalhuaca* que solo estivan y otras como la tortuga rusa, *Testudo horsfeldii*, que únicamente hibernan. Esto **tiene que ver con los ambientes donde las tortugas habitan**, ya que las condiciones climáticas dentro de sus hábitats pueden volverse severas y difíciles para estos animales, impidiendo que puedan permanecer activos durante todo el año, por esta razón es que los animales de sangre fría (ectotermos) como las tortugas, desarrollan la dormancia como estrategia de supervivencia.

#### Intentando hacer dormancia

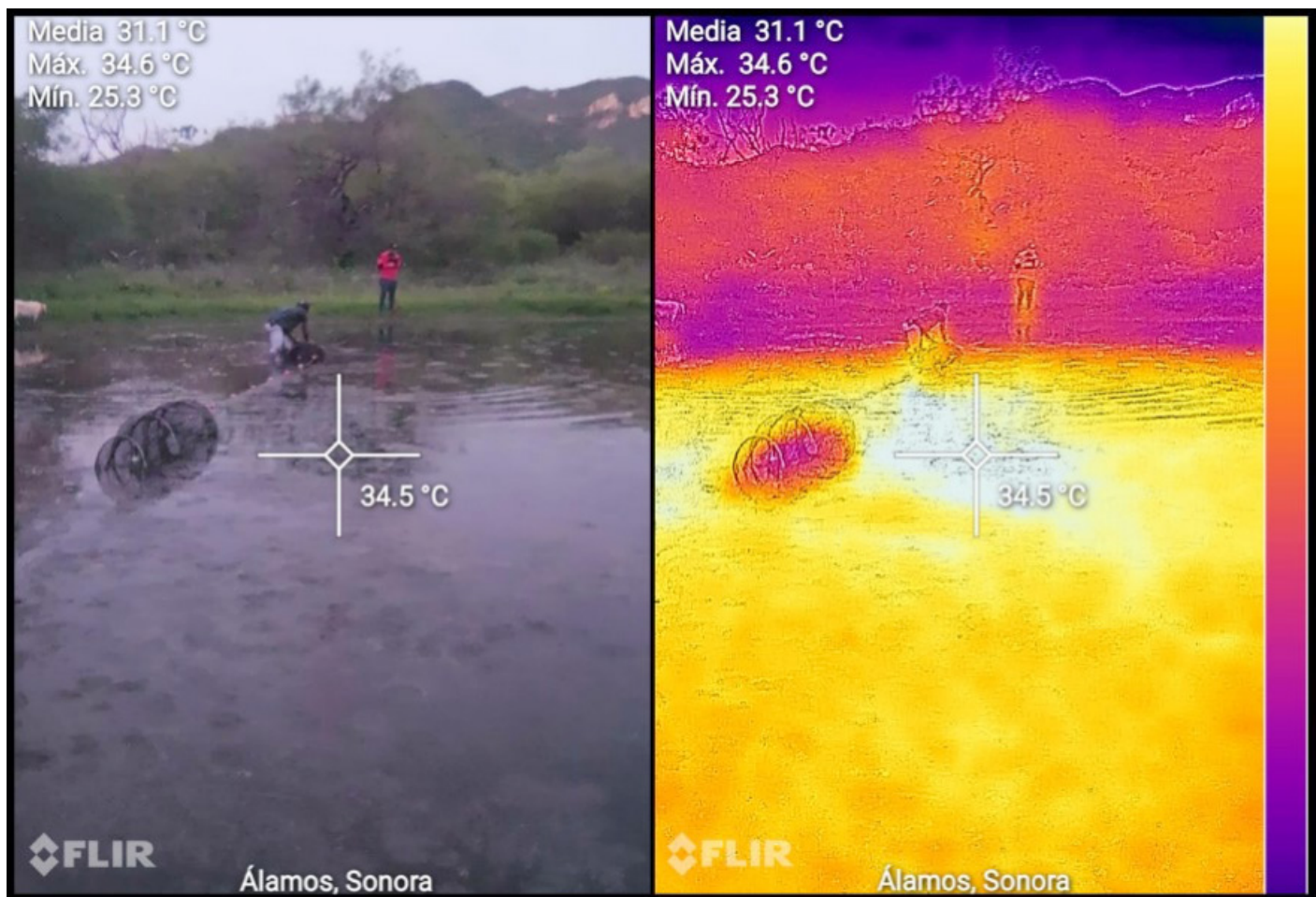
Cuando tomamos en cuenta el cambio climático y la destrucción del hábitat, surge un gra-

ve problema para los organismos que presentan algún tipo de dormancia. Por ejemplo, aun dentro de condiciones térmicas «estables», las tortugas que «duermen» necesitan de los nichos o **espacios del microhábitat adecuados para realizar este comportamiento** con éxito. Aquí pueden ocurrir dos escenarios graves: el primero, en donde debido a la **destrucción del hábitat**, los refugios para dormir estén limitados o simplemente ya no están presentes, por lo tanto, aunque las tortugas intenten hacer la dormancia, esta actividad podría ser ineficiente y costarles la vida. El segundo, en donde aun existiendo el hábitat apropiado para dormir, las **condiciones térmicas del ambiente sean tan severas y prolongadas** que la dormancia en sí misma, se puede convertir en una amenaza al superar el tiempo adecuado para dormir.

Escenarios como los anteriores, nos hacen recordar lo que vimos en la película de animación 3D para niños *Vecinos invasores*, de 2006. Aquí, un

grupo de animales necesita hibernar (incluida una tortuga como protagonista) y busca conseguir alimento para mantener sus reservas durante el invierno, pero cuando van hacia su hábitat para buscar el preciado recurso alimenticio, se encuentran con la sorpresa de que ya no existe más, pues en su lugar encuentran condominios y asentamientos humanos. A pesar de esta grave situación, deciden buscar comida dentro de la ciudad, lo que se convierte en una odisea para ellos. Durante la película surge una frase de uno de los personajes más audaces (el zorro): **«Para los humanos mucho nunca es suficiente»**. Ciertamente, esta película nos invita a reflexionar sobre nuestras actividades y de las posibles consecuencias negativas sobre la naturaleza. **El cambio climático y la estivación de las tortugas en México**

En el territorio mexicano, donde son más comunes los ecosistemas áridos y los bosques tropicales, nuestro equipo de investigación está dando los



Hábitat acuático de la tortuga casquito de Álamos (*Kinosternon alamosae*) durante el verano de 2022, en Sonora, México. A la izquierda se muestra que el hábitat acuático no es tan profundo para colocar trampas o caminar a través de este. A la derecha se muestra el espectro de temperaturas del mismo hábitat, con altas temperaturas al centro del cuerpo de agua. Fotografías: Ernesto Raya-García.

primeros pasos para investigar el fenómeno de la estivación en especies de tortugas mexicanas, incluidas algunas especies endémicas como la tortuga de caja manchada (*Terrapene nelsoni*) y la tortuga sinaloense de matorral (*Gopherus evgoodei*). A partir de nuestros estudios de campo en los últimos años, nos hemos percatado de algo alarmante: algunas tortugas que deberían estar estivando, están sufriendo **pérdidas en sus poblaciones**. Estamos trabajando para buscar la razón de ello, y tenemos nuestra mirada puesta en el **calentamiento global** y su efecto en sequías más prolongadas, así como en la **pérdida de hábitat** como principales detonantes de la mortandad de individuos.

Otro dato interesante de nuestra investigación en **estivación** de tortugas, es que hemos logrado identificar que la estivación es un **comportamiento presente en casi la mitad de especies de todo el mundo**, y que el ancestro común de todas estas especies probablemente era un organismo que no estivaba. Por lo tanto, hoy sabemos que

la estivación surgió cuando las primeras tortugas ya habían desarrollado el caparazón o concha, tal y como las conocemos hoy. En otras palabras, **la estivación surgió en antepasados extintos hace más de 200 millones de años**.

Las estrategias de dormancia en los seres vivos son tan fascinantes y únicas en la naturaleza, que aún falta mucho que aprender sobre su ecología, evolución y fisiología, pero estamos dando pasos importantes para fortalecer y construir el conocimiento. No lo sabemos con certeza, pero quizás en un futuro lejano puedan ser estrategias replicables y útiles para algún aspecto positivo en favor de la humanidad, como el ejemplo de la hibernación y los viajes interestelares que primero fueron **de esta categoría** - existen como un campo de investigación real en algunas agencias espaciales del mundo.



Avanzi M., Millefanti M. (2019). *El gran libro de las tortugas*, Parkstone International. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=gYmXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=letargo+tortugas&ots=op9-O9mT-R&sig=CxirRSBAeZmboWRp6gYRTRCUS3l&redir\\_esc=y#v=onepage&q=letargo%20tortugas&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=gYmXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=letargo+tortugas&ots=op9-O9mT-R&sig=CxirRSBAeZmboWRp6gYRTRCUS3l&redir_esc=y#v=onepage&q=letargo%20tortugas&f=false)

Macip-Ríos R., Butterfield T., Raya-García E. (2022). How aestivation evolve in turtles? A macroevolutionary and morphological approach. *Research Square*, 1-26. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1767139/v1>

Pàmies E. (2012). El letargo en las tortugas. *Infotortuga.com*. <http://www.infotortuga.com/2012/10/el-letargo-en-las-tortugas.html>



# ARTÍCULO

## Las formas cambiantes que adopta el agua con jabón

Homero G. Díaz-Marín y Osvaldo Osuna-Castro



<https://pixabay.com/es/photos/burbujas-de-jab%C3%B3n-infancia-3517247/>

**Homero G. Díaz-Marín.** Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.  
[homero.diaz@umich.mx](mailto:homero.diaz@umich.mx)

**Osvaldo Osuna-Castro.** Profesor Investigador del Instituto de Física y Matemáticas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.  
[osvaldo.osuna@umich.mx](mailto:osvaldo.osuna@umich.mx)

Constantemente encontramos distintas formas a nuestro alrededor, tanto en la naturaleza como en las obras humanas, y es la geometría —una de las ramas más antiguas de las matemáticas— la que estudia dichas formas. Algunos de los fenómenos cotidianos que desde la infancia nos despiertan la curiosidad son, sin duda, las formas esféricas de las burbujas de jabón flotando en las plazas públicas. Todo niño (o adulto) se emociona al sumergir aros circulares de alambre en agua jabonosa para obtener una película más o me-

nos plana, si lo logramos, se nos dibuja una amplia sonrisa y vemos el goce que experimentan al soplar a través de dicha película para formar esferas casi perfectas que se mantienen por cierto tiempo volando en el aire.

Una pregunta que surge de inmediato, aunque quizás no todos la hayan notado, es **¿Por qué las formas obtenidas son esferas?** Pareciera que es por la forma circular del aro, pero un poco de experimentación deformando dicho arco, puede convencernos de que esa no es la causa. Experimentado un poco más, empleando varios aros deformados entrelazados de distintas formas, se pueden obtener diferentes formas empleando películas jabonosas. Te proponemos que hagas lo siguiente:

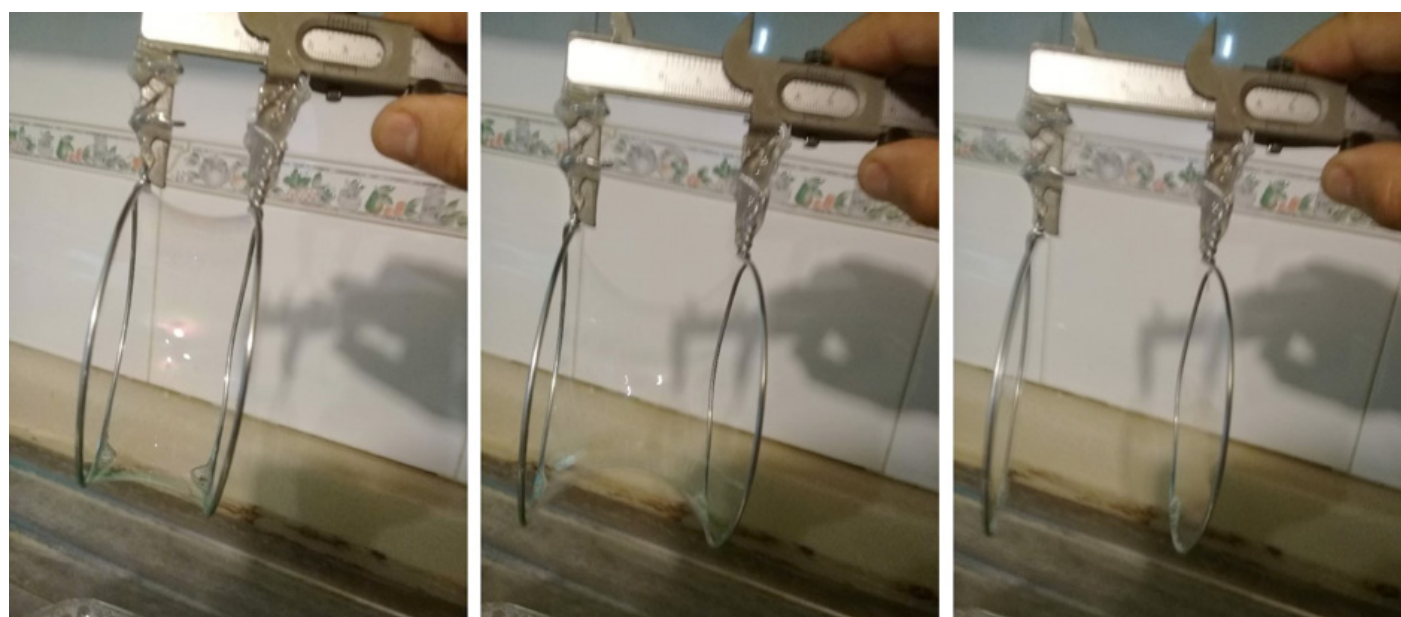
### Experimento

En una **primera etapa** tomamos dos aros circulares de radios idénticos  $R$  contenidos en planos paralelos, manteniendo una distancia relativamente pequeña entre ellos y cuidando que el eje de los centros se mantenga en una recta perpendicular a los planos de los aros. Introducimos los aros en jabón con agua, tratando de formar una sola película jabonosa cuyo borde consta de ambos aros. ¿Qué forma tiene?

Si no hiciste el experimento, quizás pienses que se forma un cilindro, pero la observación nos convence de que más bien la película jabonosa adopta la forma de una superficie «curvada». Es un ejemplo de una **superficie de revolución**, la cual es

ampliamente conocida por los alfareros de Capula quienes saben que, al hacer girar un torno, y proponiendo un «perfil» adecuado, se obtiene una vasija con una forma específica. En nuestro caso, dicho perfil está descrito por una curva especial llamada **catenaria**, por eso la superficie de revolución de nuestro interés se llama **catenoide**. El nombre de catenaria obedece a la forma que adopta una cadena colgando de dos extremos, un cable de luz sostenido por dos postes, o en general cualquier objeto homogéneo pesado que tiene un largo excepcionalmente grande, respecto a sus otras dimensiones.

En una **segunda etapa** del experimento, una vez que formamos la película jabonosa con forma de catenoide, separamos lentamente los planos de dichos aros. Aumentando esta distancia, que denotamos  $h$ , y manteniendo el eje de los centros perpendiculares a los planos de los aros, se obtienen superficies cada vez más esbeltas. En efecto, el radio del cuello de la catenoide, que denotamos  $a$ , se hace cada vez más pequeño, hasta que la catenoide finalmente se rompe. Este fenómeno es abrupto y produce un cambio de forma. Así, a una distancia crítica constante  $h_c$ , ya no hay catenoide, sino que esta se rompe y se forman dos discos separados rellenando el interior de cada uno de los aros. El lector, que por flojera de hacer el experimento quisiera adivinar qué es lo que ocurre, quizás pensaría que el cuello de la superficie tiende a hacerse cada vez más pequeño hasta llegar a  $a = 0$ , colapsando



Resultado del experimento con burbujas de jabón, usando dos aros circulares. Imagen propia.

la superficie como el vértice de un cono, separándose enseguida en dos discos relleno los aros. La observación, sin embargo, no sustenta ese experimento mental. Lo que ocurre en la realidad, es que el cuello de la catenoides ciertamente se hace pequeño, pero no llega a ser cero. Más bien a una separación específica de los aros se produce la ruptura de forma abrupta.

### ¿Cómo explicar este proceso discontinuo de cambio de forma?

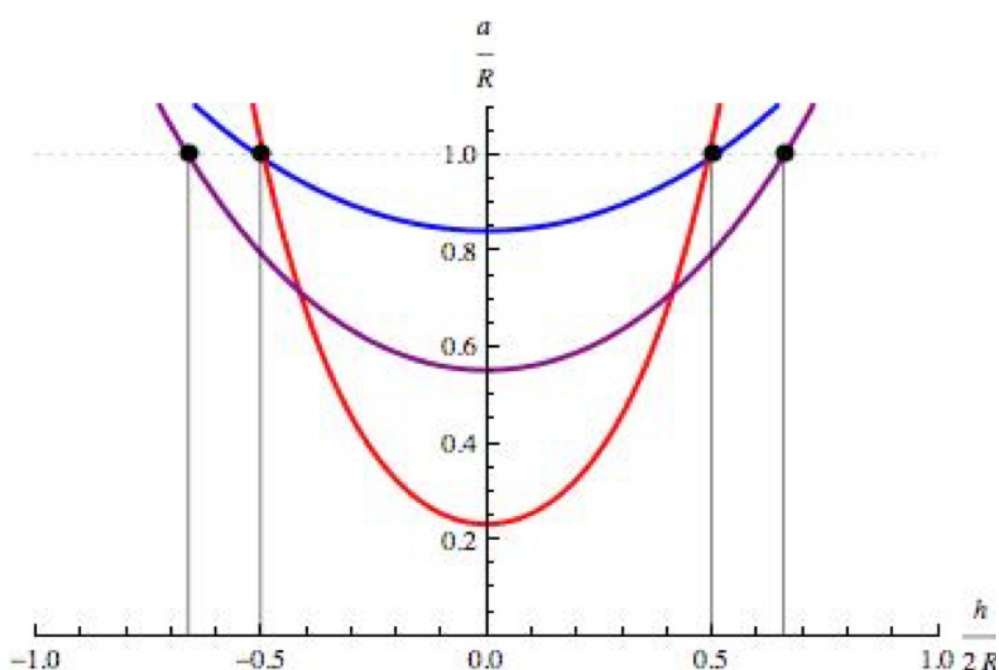
En el primer caso, una superficie curva que evoluciona conforme separamos los aros, se rompe y luego se convierte en dos superficies planas (el interior de los aros circulares) en el segundo caso. La rama de las matemáticas que resuelve este tipo de problemas se llama **Cálculo de Variaciones**, materia que se aborda en algunos cursos avanzados de física como *mecánica clásica*; en economía aparece con el nombre de *optimización dinámica*; y en ingenierías como *control óptimo*. Históricamente, el **Cálculo de Variaciones se desarrolló un poco después del Cálculo Diferencial e Integral**, el cual se estudia ampliamente en bachillerato y en las ingenierías. En geometría, muchos problemas acerca de los volúmenes contenidos por burbujas fueron matemáticamente estudiados, empleando esta herramienta desde el siglo XIX. En ese entonces, se demostró por primera vez que la esfera era la mejor manera de contener un volumen dado con una superficie de jabón. Dicho resultado fue conjeturado

dos mil años antes por matemáticos griegos. Desde entonces, se han obtenido resultados a distintos problemas acerca de burbujas de jabón. En la década de 1990, por ejemplo, se resolvió un problema difícil que describe cómo contener dos volúmenes de aire con burbujas de jabón. El mismo problema para tres volúmenes ha tenido avances importantes solo hasta la década de 2020.

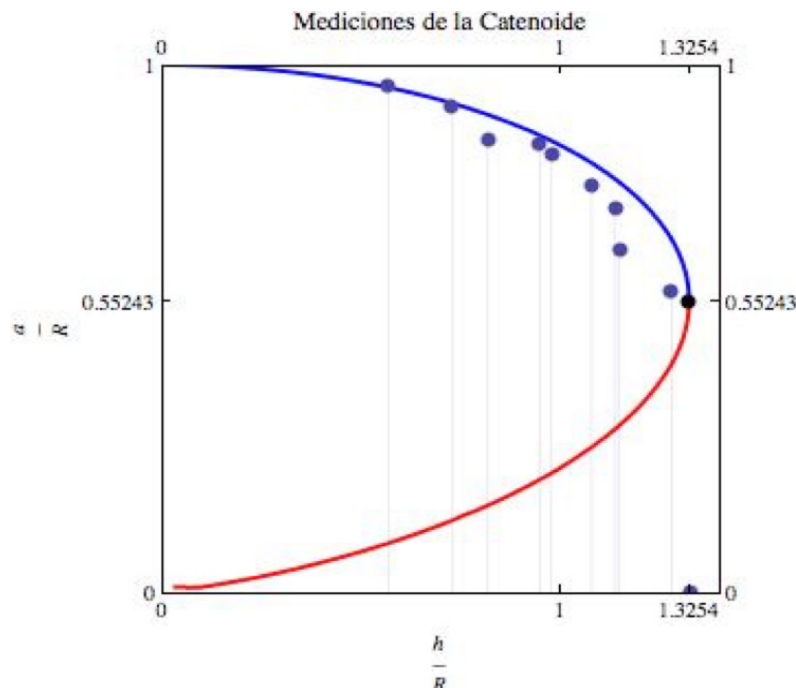
De acuerdo al Cálculo de Variaciones, para un borde de alambre fijo de todas las posibles superficies que tienen dicho borde, las películas de jabón adoptan la forma de la superficie que tiene el área mínima, denotamos dicha área por  $S$ . En geometría se les llama *superficies mínimas*. Así la catenoides es un ejemplo de superficie mínima.

### Explicación

El Cálculo de Variaciones da cuenta de lo que ocurre en nuestro experimento. Para separaciones pequeñas  $h$ , hay dos posibles soluciones de superficies que minimizan el área contenida entre ambos aros, las cuales se llaman **soluciones críticas** y las dos son catenoides. Una de esas soluciones es la **solución «real» que físicamente podemos observar, la otra es una solución «virtual» que aparece por la forma de las ecuaciones** que resultan. En la siguiente figura, mostramos dos catenarias correspondiendo a los perfiles de las catenoides, una virtual y otra real. Al hacer crecer  $h$ , la forma de la catenoides «real» se va modificando de tal manera que el radio del cuello  $a$  de la superficie, obedece



Catenarias real (azul) y virtual (roja). Al aumentar la separación de los aros  $h$  hasta  $h_c$ , se convierten en una sola catenaria (morada).



Datos experimentales comparados con la relación predicha entre  $h$  y  $a$  para la catenaria real (azul). Cuando la catenaria real (azul) coincide con la catenaria virtual (roja), se produce el colapso de  $a = 0$  y la catenoide se rompe. Experimentalmente ocurre para la separación predicha  $h_c$ .

una relación específica que depende de  $h$ . Por otro lado, la catenoide «virtual» va incrementando el radio de su cuello.

En un valor específico tendremos:

$$h_c/R = 1.3254; a_c/R = 0.55243$$

Ambas catenarias, la «real» y la «virtual», son una misma. En ese instante se produce la ruptura que da lugar a dos discos de radio  $R$ . Como cada disco tiene área  $3.1416 R$ , entonces ambos discos bordean un área total de  $S = 6.2832 R^2$ . En la siguiente figura se muestran datos experimentales contrastados con la relación teórica entre  $h$  y  $a$ . El valor de ruptura experimental coincide con el valor predicho  $h_c/R = 1.33$ .

Un hecho notable predicho por la teoría y confirmado por el experimento, es una transición 'abrupta' en la que la superficie de área mínima va incrementando continuamente su área  $S$  al ha-

cer crecer  $h$ , hasta alcanzar la distancia crítica  $h_c$ . Para dicha distancia crítica, el área de la catenoide alcanza el valor  $S = 7.53781 R^2$ . Inmediatamente después de la ruptura, el área disminuye de manera discontinua hasta el área de los dos discos,  $S = 6.2832 R^2$ .

El Cálculo de Variaciones tiene múltiples aplicaciones en problemas de optimización en economía y finanzas, por ejemplo, para tomar en cuenta las distintas restricciones que el mercado impone sobre la evolución del precio de un bien, para lo cual emplean métodos de optimización dinámica. En la ingeniería, el control óptimo de sistemas se emplea en el diseño de robots, en diseño de reacciones químicas, en sistemas de potencias, etc.; también se emplean las herramientas del cálculo de variaciones. Sin mencionar la importancia central que tiene el llamado principio de mínima acción en el desarrollo de la física experimental de partículas y la fundamentación epistemológica del llamado modelo estándar.



Masato I. y Taku S. (2010). In situ observation of a soap-film catenoid—a simple educational physics experiment. *Eur. J. Phys*, (31), 357-365. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/31/2/013>

Matson J. (2013). La evolución de las espumas. *Investigación y Ciencia*, 446 (Noviembre), 6-7. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/alimentacin-587/la-evolucion-de-las-espumas-11515>

## ARTÍCULO

## ¿Por qué se caen los edificios?

Juan Ignacio López-Pérez y José Manuel Jara-Guerrero



**Juan Ignacio López-Pérez.** Estudiante de Doctorado en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[ignacio.perez@umich.mx](mailto:ignacio.perez@umich.mx)

**José Manuel Jara-Guerrero.** Profesor Investigador del Departamento de Estructuras, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

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

**E**n años recientes, hemos sido testigos de cómo los temblores afectan a las construcciones, en algunos casos, a tal grado que llegan a derrumbarse y en muchos otros, aunque no colapsen durante el temblor, es necesario demolerlas debido al daño que presentan, pues su uso es inseguro. Desafortunadamente, estos daños lastiman a la gente y causan pérdidas humanas con consecuencias graves para la sociedad.

Es muy desafortunado que, como sociedad, al día de hoy no sea posible garantizar plena-

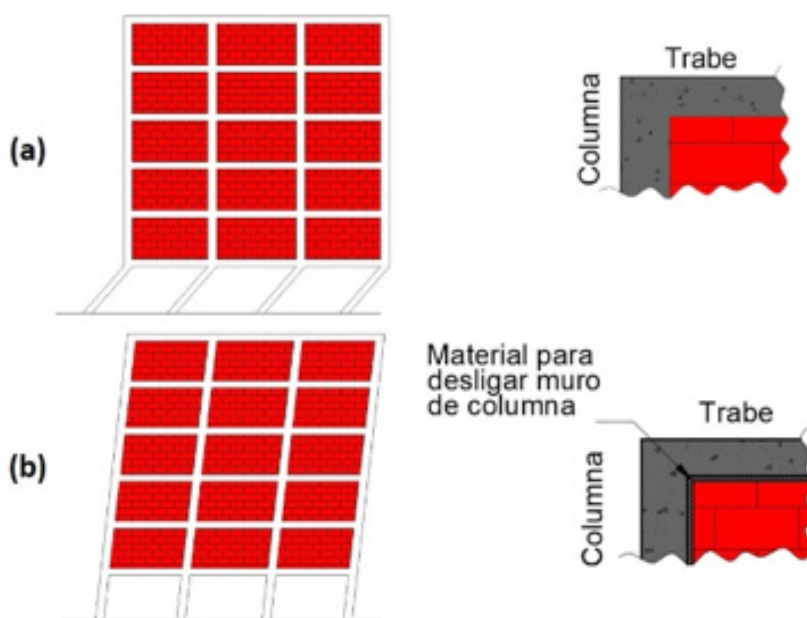
mente la seguridad de nuestras construcciones y el de las personas que en ellas habitan. Esto se relaciona con un conjunto de factores que se resumen en aquellos sobre los que podemos ejercer **cierto control** y aquellos en los que tenemos **poco o nulo control**. Estos últimos se relacionan con la magnitud de los temblores, el lugar del epicentro, su periodicidad y hora en que ocurren, las intensidades sísmicas que se producen en las poblaciones, entre otros. Decimos que el control que tenemos sobre ellos es casi nulo dado que estamos muy lejos de poder predecir la ocurrencia de los eventos sísmicos y estos fenómenos naturales tienen todavía grandes incertidumbres. En los siguientes párrafos, se comentan algunos factores en los que sí tenemos control y que, a su vez, mantienen una relación directa con los daños que ocasionan los temblores.

Tomemos como ejemplo los temblores ocurridos el 7 y el 19 de septiembre de 2017, los cuales afectaron de forma importante a estados como Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Morelos, Puebla y Ciudad de México. Se estima que perdieron la vida alrededor de 450 personas y cerca de 190 mil inmuebles resultaron dañados. Tan solo en la Ciudad de México se reportaron 44 edificios colapsados debido al temblor del 19 de septiembre de 2017 que, aunque es menor que los 210 edificios colapsados durante el sismo del 19 de septiembre de 1985, con epicentro en Michoacán, sigue siendo una cifra muy alta. Esta reducción se debe parcialmente a la menor intensidad originada por el temblor de 2017 en la zona de terreno blando de la Ciudad de México, pero también a la mejora en el control que ejercen las autoridades sobre los proyectos y su construcción, a partir del terremoto de 1985.

### Reglamentos a cumplir para disminuir la caída de edificios por un sismo

Pero, ¿qué causó esos daños en los edificios? o ¿Por qué algunos se derrumbaron y otros no? Para responder a estas preguntas debemos entender que cuando una construcción cae, **intervienen diversas causas**, algunas de índole **social** como la corrupción inmersa en dependencias gubernamentales y en la práctica profesional, ambas relacionadas con la construcción, pero también intervienen **aspectos reglamentarios y técnicos** en la elaboración del proyecto y su construcción, mismos que impactan significativamente en el comportamiento de los edificios, y que se describirán más adelante.

Los reglamentos proporcionan **requisitos mínimos de seguridad en las construcciones**; sin embargo, permiten daños en las construcciones cuando ocurren temblores de gran magnitud. Esta filosofía de diseño que ha llevado a enormes pérdidas económicas y humanas alrededor del mundo,



Planta baja débil. (a) Estructura con planta baja débil con muros ligados a las columnas; (b) edificio con el mismo uso que elimina el problema de planta baja débil; (c) colapso de un edificio con planta baja débil. Elaboración propia de autores.

es seriamente cuestionada en la actualidad. No obstante, existen otros factores que originan daños mucho más severos que los previstos por los reglamentos. Uno de los más importantes se relaciona con la concepción de los proyectos de edificaciones y su construcción; existen muchos casos en que las casas y los **edificios nacen «enfermos»**. Es decir, desde que se inician los proyectos presentan graves deficiencias desde el punto de vista sísmico, los cuales son concebidos, en el mejor de los casos, por ingenieros y arquitectos y aceptados por las autoridades. Por ello, **los profesionales deberíamos ser obligados a permanecer actualizados** mientras se ejerce la profesión, particularmente en zonas sísmicas.

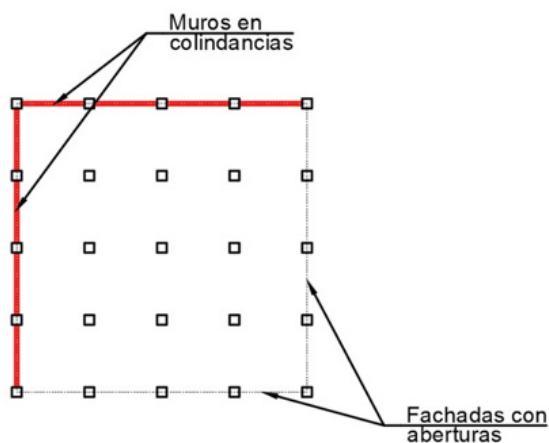
En ocasiones, la ignorancia por falta de actualización —que no la mala fe— de ingenieros y arquitectos, conducen a crear estructuras sísmicamente muy vulnerables. Por su parte, las autoridades al otorgar los permisos para realizar estas construcciones, sin ninguna revisión, se vuelven copartí-

pes de estas construcciones que no nacen «sanas», y por ello es altamente probable que presenten daños y/o colapsen durante la ocurrencia de temblores. La concepción estructural la hacen conjuntamente los ingenieros y arquitectos, al seleccionar la ubicación de muros, columnas, escaleras, huecos para ventilación e iluminación, etc. Esta concepción plasmada en los planos arquitectónicos, condena a las construcciones a ser poco o muy vulnerables ante los temblores que soporten su vida útil.

Por otro lado, también es necesario tener un **control de las construcciones existentes** para evitar el deterioro acelerado debido a un mantenimiento insuficiente, y en algunos casos inexistente, lo que las hace más susceptibles de ser dañadas por un temblor. Adicionalmente, las construcciones pueden acumular daño causado por temblores ocurridos durante su vida. Por ejemplo, se tiene registro de que alrededor del 90 % de los edificios que colapsaron en el temblor de 2017, fueron construidos antes de 1985. Esto implica que en 2017

estos edificios ya habían sido afectados por temblores y un sismo de gran magnitud. Si bien algunos de ellos fueron reparados o rehabilitados, hay evidencia de que en su mayoría no recibieron ningún tipo de intervención, por lo que ese daño acumulado, su mala concepción estructural y el uso de un reglamento antiguo, favoreció el colapso cuando ocurrió el sismo.

No todos los edificios colapsados en 2017 eran antiguos, algunos de



(a)

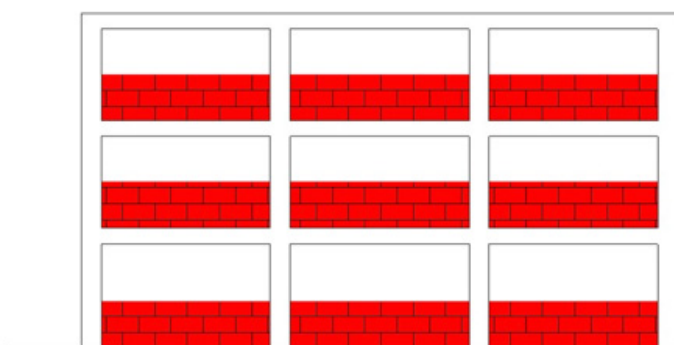


(b)



(c)

Edificio de esquina. (a) Vista aérea; (b) edificio de esquina antes del sismo; (c) mismo edificio después del sismo. Elaboración propia de autores.



a)



b)

(a) Efecto de columna corta en las columnas de un edificio; (b) Daño en columna debido a la condición de columna corta. Elaboración propia de autores.

ellos eran de construcción más reciente, por tanto, su falla se atribuye a otros factores, como las deficiencias constructivas, el uso de materiales de baja calidad, un proyecto mal concebido, entre otras. Los temblores destructivos en todo el mundo, en los último 60 años, han dejado una lección que no acaba de ser suficientemente asimilada: **la concepción estructural desde el inicio de los proyectos arquitectónico y estructural, puede conducir a las edificaciones a un buen comportamiento sísmico o a un pobre desempeño durante la ocurrencia de los terremotos.**

Los temblores de las últimas décadas muestran que ciertas concepciones estructurales siguen causando un número muy grande de colapsos, no obstante que han sido observadas y señaladas desde hace más de 50 años. Entre ellas destacan las siguientes:

#### Planta baja débil

Es común que en construcciones con uso habitacional se piense como primera alternativa utilizar muros para soportar a las losas, ya que son necesarios para delimitar los espacios interiores. Sin embargo, es también frecuente utilizar el nivel de **planta baja del edificio como estacionamiento** y colocar departamentos en los pisos superiores. En principio, esto no debería suponer ningún inconveniente; sin embargo, como un estacionamiento requiere de espacios libres para los vehículos y áreas de circulación, el sistema de muros se vuelve inadecuado

cuado y se suelen colocar columnas en planta baja. En los pisos superiores se utilizan muros de tabique para delimitar los espacios de sala, comedor, recámaras, baños, etc. y soportar las losas.

De esta manera, los temblores encuentran una planta baja muy flexible y pisos superiores muy rígidos (por los muros), lo que produce grandes desplazamientos en el primer nivel (Figura a) y muy frecuentemente daños severos en las columnas que pueden conducir a que el edificio caiga. Entonces, ¿podemos hacer edificios con estacionamiento en planta baja y departamentos en los demás pisos que no sean tan vulnerables ante temblores?, la respuesta es sí. Una posible solución es evitar que las columnas de planta baja del edificio se interrumpan y continúen hasta el último piso para ser el sistema de carga de todo el edificio. Los muros deberían entonces no soportar las losas y quedar separados de las columnas con una junta flexible (Figura b).

#### Condición de esquina

Las edificaciones ubicadas en esquina usualmente cuentan con dos fachadas que tienen una gran cantidad de aberturas y cancelería como parte de su diseño arquitectónico, lo cual es comprensible para la iluminación, ventilación y el propio uso de los espacios. Sin embargo, las fachadas posteriores suelen tener una cantidad mucho menor de aberturas, o incluso no tener, principalmente por estar en contacto con edificaciones colindantes. Esto genera una importante asimetría que genera torsión



(giro alrededor de un eje vertical) en los edificios. En el sismo de 2017, se identificaron en la Ciudad de México once edificios colapsados con esta configuración. ¿Qué hacer?, la respuesta es muy simple, con solo separar las columnas de los muros como se muestra en la siguiente figura, en las fachadas posteriores, se evita el contacto de muros y columnas durante la ocurrencia de un temblor y con ello la torsión.



### Columna corta

En edificios escolares —y muchos otros— se construyen muros de pequeña altura para colocar ventanas sobre ellos (Figura a). Normalmente, están unidos en sus dos extremos con columnas; no obstante, al ocurrir un temblor, la gran diferencia en las características de los dos elementos unidos, causa daños en las columnas (Figura b). Nuevamente, esto es

fácilmente evitable al desligar los muros de las columnas con una junta de unicel o con algún material flexible.

Aunque las soluciones para evitar el nacimiento de estas malas concepciones estructurales son muy sencillas, siguen construyéndose en diversas ciudades del país con alto riesgo de sismos, como Morelia (Michoacán, México), debido a la **escasa capacitación** e interés en la seguridad estructural, de los responsables de otorgar permisos de construcción y la **poca o nula actualización de muchos ingenieros y arquitectos** en ingeniería sísmica.



Instituto de Investigaciones Legislativas (2018). *Sismo 19 de septiembre 2017: Aspectos estadísticos, financieros y sociales relativos a la reconstrucción, recuperación y transformación de la CDMX*, Congreso de la Ciudad de México. <https://congresocdmx.gob.mx/media/banners/d120319-2.pdf>

Najar A. (19 de septiembre de 2018). Sismo 2017 en México: las lecciones no aprendidas que dejó el terremoto

del 19 de septiembre. *BBC News*, p. 1. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-45544734>

Máximo P., Hernández A., Ramos R. y Martínez A. (2017). Daños estructurales en Ciudad de México, producidos por los sismos del 28 de julio de 1957 y el 19 de septiembre de 1985. *Revista UNIMAR*, 35(2), 161-186. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/unimar/article/view/1533/pdf>

## ARTÍCULO

# Ultrasonificación: Una tecnología que mejora los alimentos

Cuauhtémoc F. Pineda-Muñoz y Laura Conde-Báez



<https://pixabay.com/es/photos/leche-chapoteo-gotas-comida-4755234/>

**Cuauhtémoc F. Pineda-Muñoz.** Profesor en la Universidad Autónoma de Guerrero, Preparatoria 12, San Isidro, Tierra Colorada. Guerrero, México.

[cuauhtemoc.pineda@hotmail.com](mailto:cuauhtemoc.pineda@hotmail.com)

**Laura Conde-Báez.** Profesora en la Universidad Politécnica de Pachuca. Pachuca, Hidalgo.

[lau\\_iam@hotmail.com](mailto:lau_iam@hotmail.com)

**¿Qué beneficios nos brinda la ultrasonificación?**

**P**ara contestar esta pregunta, es necesario saber que ya utilizamos esta tecnología en nuestras casas y que, muy probablemente, su uso se incrementa, ya que, actualmente, **es usada para mejorar diferentes procesos y características de algunos alimentos.** En este artículo te mencionamos, principalmente, aquellos relacionados con los lácteos. Por ejemplo, la ultrasonificación se ocupa para mejorar la calidad de la leche fresca,

el queso, la mantequilla, el helado, entre otros, ¿lo sabías?

La ultrasonificación combinada con calor consigue el **control de algunas bacterias**, las cuales pueden contaminar y deteriorar los productos lácteos, causar enfermedades o intoxicación. Con esto se consigue incrementar la **durabilidad, seguridad e inocuidad de los alimentos** de forma segura. Se ha demostrado que la ultrasonificación puede modificar la textura y el sabor de algunos alimentos, lo que abre el mercado para personas que les desagradan los lácteos en sus presentaciones más tradicionales. Incluso, con esta tecnología, **se pueden generar nuevos alimentos**, más ricos y saludables, generando un área para la innovación y generación de productos con valor agregado, sin que estos se pueden considerar como comida ultra procesada.

En los procesos de la industria de los alimentos, la ultrasonificación **permite reducir costos, simplificar procesos, reducir tiempos de preparación y gastos en el consumo de electricidad** o de otro tipo de combustibles. Por ejemplo, en el caso de la

filtración de la leche para obtener aditivos saludables, se mejora el proceso industrial, ya que se reduce su viscosidad, distribuyendo homogéneamente compuestos como los glóbulos grasos, grumos que se forman en la leche por la grasa.

En bebidas, como las fermentadas y las que contienen proteína, la ultrasonificación puede **incrementar los niveles de antioxidantes y los compuestos bioactivos**. Los antioxidantes se relacionan con la prevención y el retraso del daño en algunos tipos de células, mientras que los compuestos bioactivos aportan beneficios a la salud más allá de la nutrición. Por otro lado, **mejora las propiedades tecnológicas y funcionales de los productos lácteos** y sus componentes, así como las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los productos lácteos, como la emulsificación y la producción de yogurt y de bebidas fermentables.

Estas mejoras se deben principalmente al hecho de que la ultrasonificación puede ocasionar implosiones, un tipo de explosión en que se libera una gran cantidad de energía en una fracción de se-



<https://pixabay.com/es/photos/helado-conos-gubia-5928048/>



[https://pixabay.com/es/photos/bombilla-implosi%<sup>3</sup>b<sup>3</sup>n-roto-astilla-549090/](https://pixabay.com/es/photos/bombilla-implosi%c3%b3n-roto-astilla-549090/)

gundo. Sin embargo, la diferencia se encuentra en que una explosión es desde dentro de lo que explota hacia afuera, mientras que la implosión sucede al revés, el objeto estalla hacia adentro, ocasionado por una fuerte presión que hace que el objeto que implosiona reduzca violentamente su tamaño en un instante.

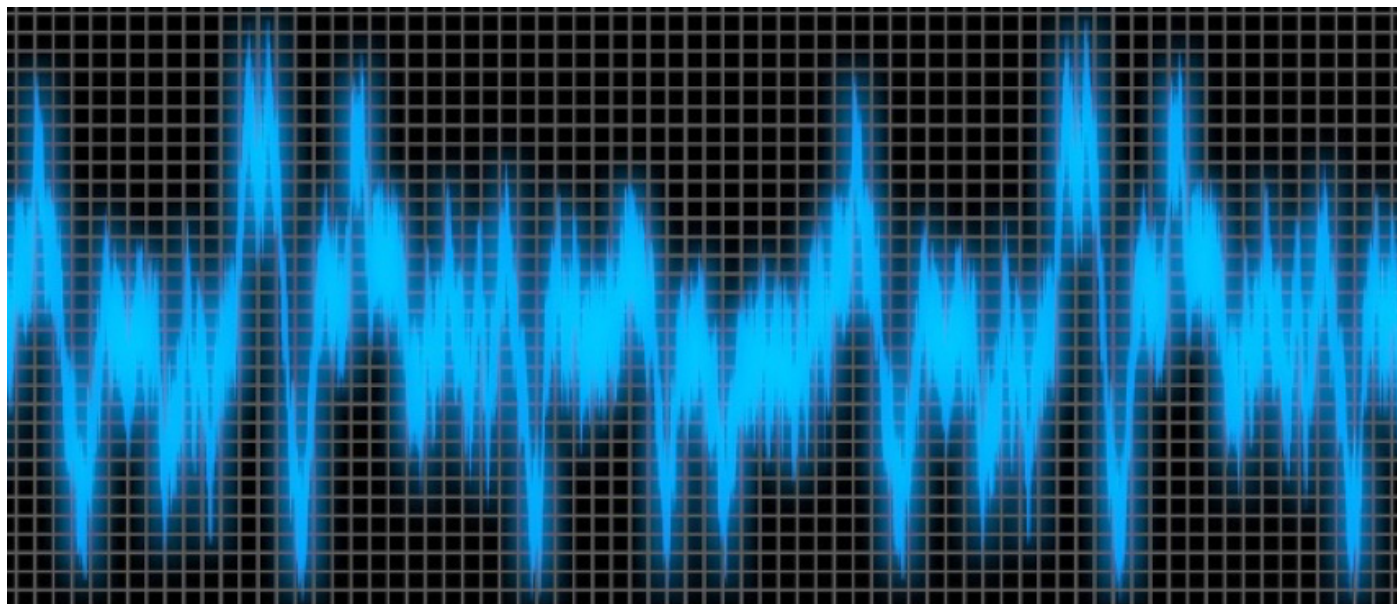
### El uso de las implosiones en alimentos

Con el avance de la tecnología de los alimentos, en particular con la ultrasonicación, es sabido que puede **aplicarse en alimentos como fuente de energía**. Esta energía sirve para disminuir el tamaño de ciertos compuestos y/o mejorar la distribución de sus componentes. Por ejemplo, se puede mejorar la **estabilidad de productos lácteos** como las cremas y las emulsiones, es decir, la combinación de dos líquidos que normalmente no se mezclan entre sí, en este caso es el agua y la grasa de la leche. Con esta energía es posible transformar la forma y función de las proteínas, acelerando bajo determinadas condiciones su acción. Esto permite

**incrementar el tiempo de caducidad de los alimentos sin el uso de conservadores**, lo que beneficia tanto al consumidor, como al productor. Con diversas investigaciones, se ha determinado que los cambios en la estructura de las proteínas permiten que estas se rompan y liberen sus componentes como los péptidos y otros compuestos bioactivos.

Lo anterior, mejora las propiedades funcionales, reológicas y las de textura en un alimento. Las **funcionales** se refieren, por ejemplo, a la capacidad de solubilización, coagulación de las sustancias o la formación de geles y/o espumas, mientras que las **reológicas** se relacionan al estudio de la deformación y el flujo de la materia, un ejemplo, es la viscosidad.

El ultrasonido induce cambios químicos y físicos que, bajo ciertas condiciones, pueden generar compuestos que logran transformarse fácilmente en vapores o gases y que se relacionan con la modificación de sabor, olor y en la aceptación general de los productos lácteos.



### ¿Por qué el sonido crea implosiones?

Al **ultrasonido** lo definimos en la ciencia como una **onda de sonido de alta frecuencia**, imposible de oír por el oído humano. Bajo el agua, o cualquier otro líquido, estas ondas de sonido presionan y jalan, por así decirlo, al fluido una y otra vez de manera constante. Es como si comprimieran y estiraran una esponja con las manos. Decimos que es de alta frecuencia porque esta operación se realiza de 20 mil a 100 mil veces por segundo, provocando en el líquido la formación de muchas burbujas de gas diminutas, de 2 a 3 mm, las cuales crecen y se aplastan una y otra vez, cada vez absorben energía hasta que ya no puede más y termina por estallar de forma violenta (implosión).

Esta **implosión** libera la energía almacenada, la cual es capaz de **cambiar el medio donde se desarrolla**, hasta el punto de modificar la estructura de la materia a escalas macro, micro y nano. Se ha determinado, experimentalmente y con mucha precisión, que esta micro implosión **alcanza temperaturas cercanas a la de la superficie del sol**, así como presiones mayores al estar debajo de cinco mil metros de agua.

Además, bajo estas condiciones extremas de temperatura y presión, surgen otros fenómenos importantes, como la generación de elevadas fuerzas cortantes y efectos físicos y químicos como corrientes del fluido a alta velocidad, agitación, micro disparos a 720 km/h, ondas de choque, la generación de compuestos químicos muy reactivos, como ácidos y bases, entre otros, capaces de transformar químicamente la materia.



Herrero A.M., Romero de Ávila M.D. (2006). Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas. *Rev. Med. Univ. Navarra*, 50(4), 71-74. <https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-medicina/article/view/7633/6687>

Pineda C., Medina S., Téllez A., Ramírez M., Villanueva M., Lucho C., Trejo G., Jiménez A. (2017). Cap. 1. Ultrasonificación de baja frecuencia aplicada a la producción biológica

de hidrógeno. En FTrejo (eds.), *Ciencias Biológicas y de la Salud*, Proceedings-©ECORFAN-México. [https://www.ecorfan.org/proceedings/PCBS\\_TI/PCBS\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/proceedings/PCBS_TI/PCBS_1.pdf)

Ramírez I.K., Chávez-Martínez A. (2017). Efecto del ultrasonido aplicado al suero de leche previo al calentamiento en la elaboración de requesón. *Interciencia*, 42(12), 828-833. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/12/828-CHAVEZ-42-12.pdf>

# ARTÍCULO

## La moringa ¿Un árbol milagro?

Eunice Tranquilino-Rodríguez y Héctor Eduardo Martínez-Flores



<https://pixabay.com/es/photos/moringa-verde-saludable-4032597/>

**Eunice Tranquilino-Rodríguez.** Posdoctorante en la Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. (CONACYT, número de convenio 2695319).

[eunice.tranquilino@umich.mx](mailto:eunice.tranquilino@umich.mx)

**Héctor Eduardo Martínez-Flores.** Profesor e Investigador y jefe del Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[hector.martinez.flores@umich.mx](mailto:hector.martinez.flores@umich.mx)

Investiguemos de donde provienen las enigmáticas propiedades que rodean al árbol de *Moringa oleifera* y el porqué se le ha adjudicado el nombre de «árbol milagro».

### Un poco de historia...

La moringa (*Moringa oleifera*) es un árbol originario de la India al que se le atribuyen múltiples beneficios para la salud humana. En la India, desde hace miles de años, la medicina ayurvédica (medicina tradicional y alternativa) utilizaba

las diferentes partes de la planta para **prevenir, aminorar o curar más de 300 enfermedades**. En 1992, las hojas de moringa fueron utilizadas como alimento por personas que quedaron varadas en la ciudad de Malawi, en Filipinas, esto los salvó de morir de hambre en aquel momento, por lo que se le dio el nombre de «**árbol milagro**». Este nombre también hace alusión a la capacidad que tiene la planta para solucionar muchos problemas de salud; sin embargo, hasta hace poco, fue que se le empezó a dar la debida importancia. Esto ha derivado en investigaciones sobre el tipo de **componentes nutritivos y de bioactivos que presentan las diferentes partes de la planta**, así como su potencial para resolver las distintas afecciones en el humano.

### ¿Qué tan nutritiva es la moringa?

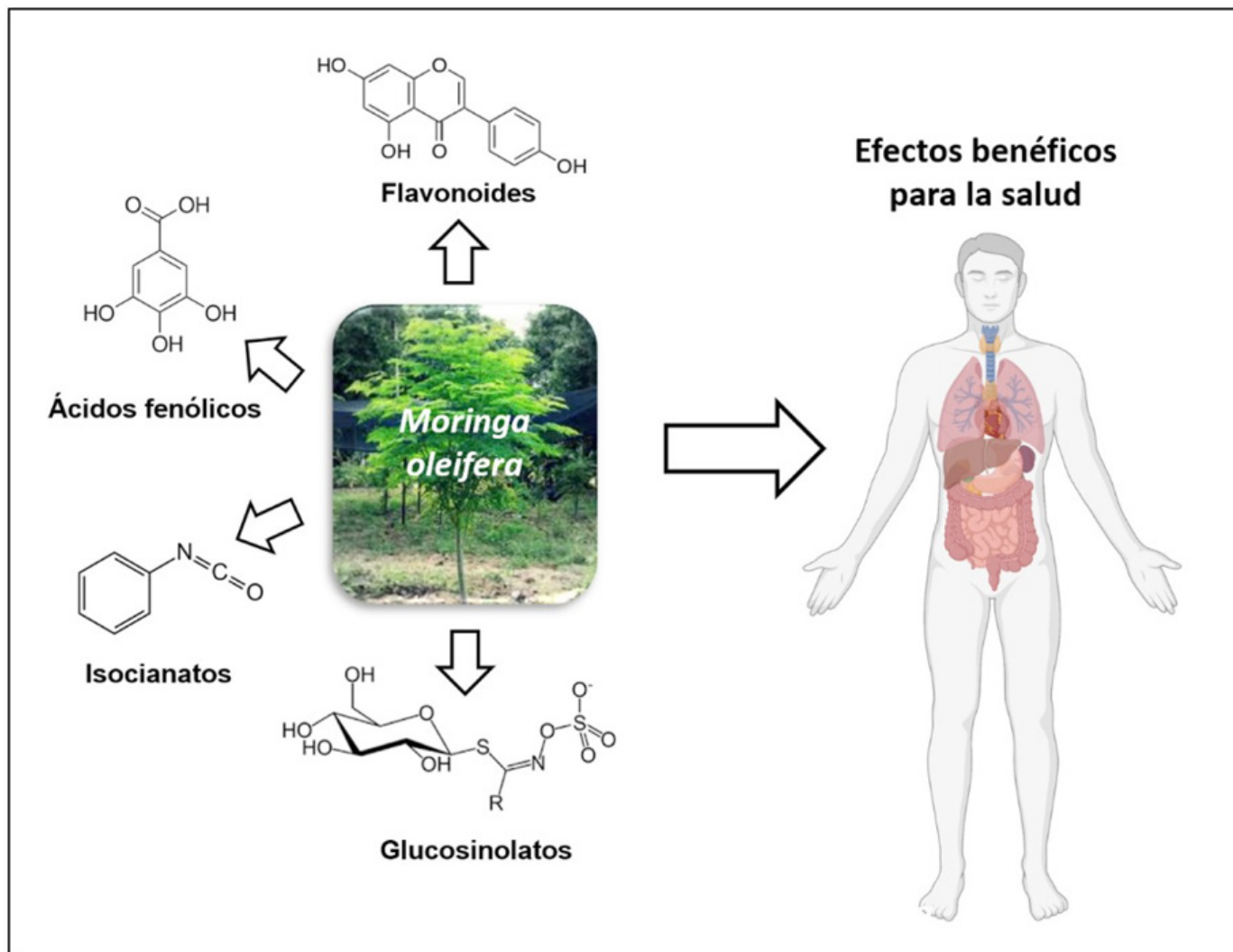
Como sabemos, no todas las plantas se pueden consumir regularmente e incluirlas como parte de una dieta saludable, ya que pueden tener compuestos potencialmente tóxicos que pueden afectar nuestra salud. Diversos estudios han mostrado que las hojas, flores, frutos y semillas, **pueden ser utilizadas en la alimentación humana** y aprovechar sus nutrientes de diferentes maneras. Por ejemplo, las vainas tiernas se usan en **sopas y potajes**, las flores en **infusiones**, el aceite de las

semillas se utiliza como **aderezo** para ensaladas y las hojas se consumen cocidas o crudas en **ensaladas**, infusiones, **jugos**, salsas, sopas, cremas y purés.

Una de las partes más consumidas son las hojas, la que tienen una interesante composición nutricional, ya que presentan un **alto contenido de proteína** y contienen **aminoácidos esenciales** que incluyen a la metionina, cisteína y lisina, en cantidades que son comparables a las necesidades diarias recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO). Además, tienen más **vitamina A** que las zanahorias, más **vitamina C** que las naranjas, más calcio que la leche, más **potasio** que el plátano y más **hierro** que la espinaca, **fósforo** y otros elementos. Por otro lado, el aceite de la semilla tiene un alto contenido en ácido oleico, ácido behénico y una cantidad significativa de **ácidos grasos poliinsaturados**. El perfil nutritivo de las diferentes partes del árbol de moringa, en especial el de las hojas, tienen un potencial importante para suplir los requerimientos necesarios en una dieta saludable. Es por ello que el cultivo de *Moringa oleifera* es un tema de gran interés para organizaciones e instituciones preocupadas por el tema de la desnutrición a nivel mundial.



Hojas de *Moringa oleifera* (Imagen propia)



Principales compuestos bioactivos en *Moringa oleifera* (Imagen propia de autores).

Actualmente, las hojas se están convirtiendo en un recurso importante como suplemento alimentario para obtener **proteínas de alto valor biológico para mitigar la desnutrición**, por aportar vitaminas y calcio en poblaciones sometidas a infra alimentación, particularmente en Asia y África.

### ¿A qué se deben los efectos curativos de la moringa?

Al igual que todas las plantas, el árbol de *Moringa oleifera* presenta en su composición una gran diversidad de **compuestos bioactivos**, conocidos también como fitoquímicos o metabolitos secundarios, los cuales tienen diferentes funciones en el desarrollo, crecimiento y protección de la planta. Cabe mencionar que no todas las plantas tienen los mismos compuestos, el tipo y cantidad son específicos de cada especie, e inclusive de cada par-

te anatómica de la planta, y está influenciada por muchos factores ambientales.

En el árbol de *Moringa oleifera* se han identificado diferentes compuestos bioactivos en los tallos, hojas, flores, vainas y semillas, dentro de los que destacan **fenoles** como el ácido gálico, ácido clorogénico y el ácido ferúlico; **flavonoides** como la quercetina y el kaempferol, glucosinolatos, isocianatos, taninos, saponinas, alcaloides, vainillina, esteroides, entre otros, a los que se le atribuyen precisamente los efectos contra la inflamación, dolor de cabeza, tumores abdominales, infecciones gastrointestinales, infecciones cutáneas, infecciones respiratorias, acción cicatrizante, antidiabética y antiobesogénica.

A continuación, describimos brevemente algunos de los compuestos que se han identificado en la planta y los efectos que presentan en el organismo.



**Hojas.** Se ha reportado la quercetina y el kaempferol, que son flavonoides con efecto antiinflamatorio, hepatoprotector, antioxidante, hipolipemiente, hipoglucemiante y neuroprotector. También se ha identificado la  $\beta$ -amirina y la  $\beta$ -sitosterol con actividad antibacteriana, antimicótica y antiviral.

**Flores.** Se informa la presencia de flavonoides como el kaempferol, ramnetina e isoquercitrina, así como ácido ascórbico y tocoferoles con efecto antiinflamatorio, antibacteriano y contra infecciones del sistema respiratorio.

**Semillas.** Se detectaron glucósidos de tiocarbamatos e isotiocianatos con efecto hipotensor e inmunológico.

**Raíz.** Se identificó la presencia de la pterigoespermina, un isocianato con efecto antibacteriano y antimicótico.

**Corteza.** Se ha mostrado que la presencia de alcaloides como la moringina y la moringinina, tienen

actividad antiinflamatoria y refuerzan el sistema inmunológico.

La presencia de estos fitoquímicos en concentraciones importantes, le otorga a la planta de *Moringa oleifera* un prometedor uso terapéutico en determinadas enfermedades crónicas.

### ¿Cuál es el potencial de la moringa en México?

México es un lugar clave para el cultivo del árbol de *Moringa oleifera*, ya que cuenta con las condiciones de clima y de suelo adecuadas para su producción, principalmente en los estados de Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Jalisco y Yucatán. Recientemente, el estado de Michoacán se ha posicionado como el **principal productor de moringa a nivel nacional** con un 98.7 %, donde el municipio de Huetamo presenta el 90 % de producción, de acuerdo con datos proporcionados en 2017 por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México.

El incremento en el cultivo de la moringa ha



<https://pixabay.com/es/photos/moringa-flores-planta-7965837/>

propiciado la creación de nuevas empresas dedicadas a su comercialización, donde aproximadamente el 50 % son de tipo familiar. Los **productos ofertados** son, principalmente, **hoja triturada, harinas y cápsulas**. Estos se promocionan con propiedades antiinflamatorias, anticáncer, antimicrobianas, antioxidantes, antihipertensivas y anti-diabéticas, efectos que han sido particularmente empíricos. En este sentido, hay que ser cauteloso con esta información, ya que, aunque existen diversas investigaciones científicas que podrían respaldarla, lo cierto es que, es indispensable que las empresas puedan garantizar la calidad de sus productos a través de las regulaciones pertinentes e investigaciones científicas para brindar mayor seguridad al consumidor.

### ¿Qué falta por hacer?

Ciertamente, el análisis que se le ha hecho al árbol de moringa ha permitido

dilucidar la razón por la cual se le denomina «árbol milagro», destacándose su valor como una importante alternativa, no solo para mejorar la calidad nutricional de la dieta, sino también para mantener un buen estado de salud con su consumo regular. La perspectiva y recomendación es realizar **más estudios específicos que ayuden a determinar las dosis necesarias para garantizar los efectos nutricionales y terapéuticos deseados,** y así potenciar su producción y aplicación en beneficio de la población.



Bocarando-Guzmán M.D., Ríos-Corripio M.A., Hernández-Cázares A.S., Gómez-Merino F.C. y Servín-Juárez R. (2020). Caracterización de la oferta de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en México. *Agro Productividad*, 13(2), 3-8. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1483/1270>

González F.J. (2018). Un estudio transversal de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) Revisión. *Dominguezia*,

34(1), 5-25. <https://www.dominguezia.org/volumen/articulos/34101.pdf>

Rojas R., Buenrostro-Figueroa J.J. y Martínez-Ávila G.C.G. (2022). An insight into the main chemical constituents, extraction methods, and functional properties of essential oils from Moringa plants: a mini-review. *Food Research*, 6(5), 434-443. [https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/\\_47\\_\\_fr-2021-557\\_rojas.pdf](https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/_47__fr-2021-557_rojas.pdf)

# ARTÍCULO

## Mis microorganismos y yo: Un diálogo constante

Adriana N. Zavala-Hernández y Juan J. Valdez-Alarcón



**Adriana N. Zavala-Hernández.** Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[adriana.zavala@umich.mx](mailto:adriana.zavala@umich.mx)

**Juan J. Valdez-Alarcón.** Profesor e investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

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

**E**l cuerpo humano se considera como un «ecosistema», un nicho donde existe un intercambio de energía entre factores vivos (bióticos) y «no vivos» (abióticos), como el agua del cuerpo y su temperatura. Los factores bióticos son las células que lo forman y los microorganismos —llamados «microbiota» en su conjunto— que cohabitan en él. Al igual que en todos los ecosistemas, existe un intercambio de materia y energía entre las células del hospedero y las bacterias, tanto benéficas como las que provocan enfermedades (pa-

tógenas).

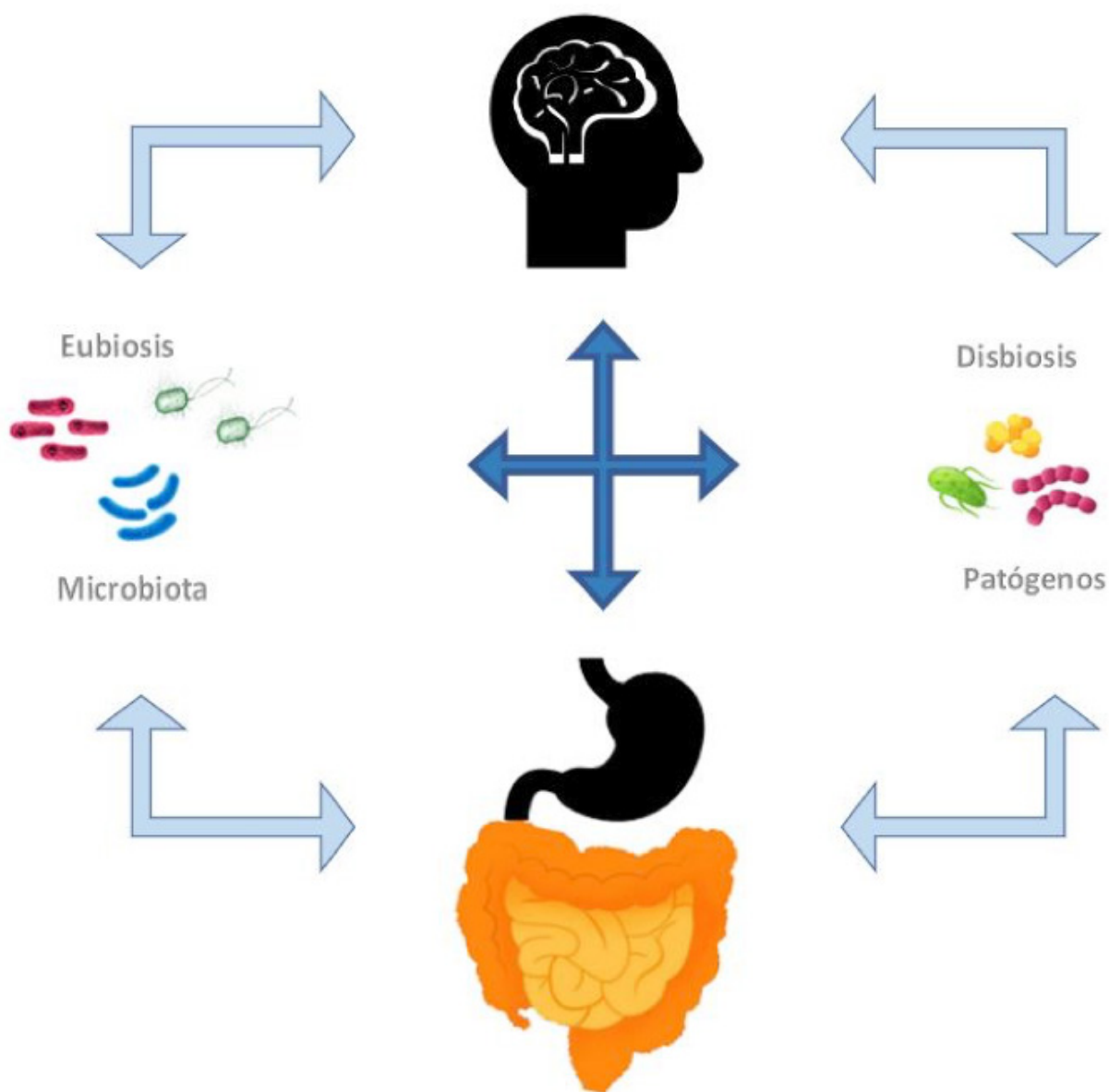
Los microorganismos se encuentran en diversos nichos, como el cuerpo, la piel, los ojos, la nariz, la boca, la garganta, el intestino, el estómago, los genitales, entre otras partes, y estos ayudan en la salud física y mental del individuo o, por el contrario, lo enferman. **El cuerpo humano tiene billones de bacterias y hongos**, además de una gran **diversidad de virus**, los cuales han adquirido funciones definidas en beneficio de nuestra salud. El nicho con mayor **abundancia de microorganismos en humanos es el tracto gastrointestinal**, donde estos interactúan con las células del huésped. El revestimiento (mucosa) y los espacios intestinales albergan billones de microorganismos.

Las bacterias del intestino que no causan

daño, son más de mil especies diferentes. Entre la microbiota intestinal que ocasiona beneficios a la salud, existen los que estimulan los mecanismos de defensa, apoyan en la digestión de los alimentos, suministran micronutrientes (como las vitaminas), modifican la densidad mineral ósea, favorecen el metabolismo de las sales biliares, controlan a otros microorganismos patógenos, así como los que modulan el comportamiento del hospedero. ¡Así es! **¡Hay microorganismos que controlan nuestra conducta!**

### Los microorganismos y nuestro cuerpo

El **primer contacto del humano** con los microorganismos **sucede en el útero**, ya que, en la placenta, durante el desarrollo del embrión, se han



La comunicación entre la microbiota intestinal con el cerebro, ocurre en forma bidireccional. Eubiosis: equilibrio en la microbiota; disbiosis: desequilibrio de la microbiota, aumento de patógenos en el cuerpo. Elaboración propia.



Imagen de fezailc en Pixabay

detectado bacterias. Después del nacimiento, la microbiota infantil se establece desde las seis semanas de edad y se afecta por muchos factores como la alimentación de la madre, su estado de salud, el tipo de parto, consumo de antibióticos durante el embarazo, por la exposición a las mascotas, entre otros factores. Se ha descrito que **diversas enfermedades psicológicas, psiquiátricas y de salud, están asociadas a alteraciones de la microbiota** con la que tiene comunicación el cuerpo.

### ¿Cómo los microorganismos logran este efecto en nosotros?

La comunicación es la base de toda buena relación. Todo en la naturaleza está en constante comunicación: las relaciones interpersonales, los insectos que polinizan a las plantas, la asociación de algunos hongos (micorrizas) que viven con los pinos, etc. Los seres humanos nos comunicamos entre nosotros mediante el lenguaje corporal, verbal y escrito, incluso a distancia, para lo que se utilizan medios que se han desarrollado con el avance de la tecnología como la radio, el teléfono celular,

la computadora y las tabletas electrónicas. Algunos de estos dispositivos usan internet y cuentan con aplicaciones como *WhatsApp*, *Telegram* (plataformas de mensajería), comunicación con video llamada con *Google Meet*, *Zoom* y redes sociales como *Facebook*, *Instagram*, etc.

Pero también las células del ser humano tienen mecanismos de transmisión de señales específicas que son captadas por proteínas que se ubican en las células llamadas «**receptores celulares**». Estas señales tienen la finalidad de modular la activación de genes específicos en respuesta a los estímulos percibidos. De forma similar, **las células humanas se comunican con la microbiota** que cohabita con el humano, esta comunicación ha ocurrido a lo largo de mucho tiempo en la evolución, **a través de un lenguaje químico**, donde las células humanas producen moléculas que regulan su funcionamiento, también usando proteínas como receptores celulares específicos. Las moléculas señal pueden ser proteínas (factores de crecimiento), grasas modificadas, derivados de ácidos nucleicos y moléculas derivadas del metabolismo, algunas de

estas son producidas por el sistema nervioso (neurotransmisores), el sistema endocrino (hormonas) y las señales del sistema inmunológico (citocinas), entre otros.

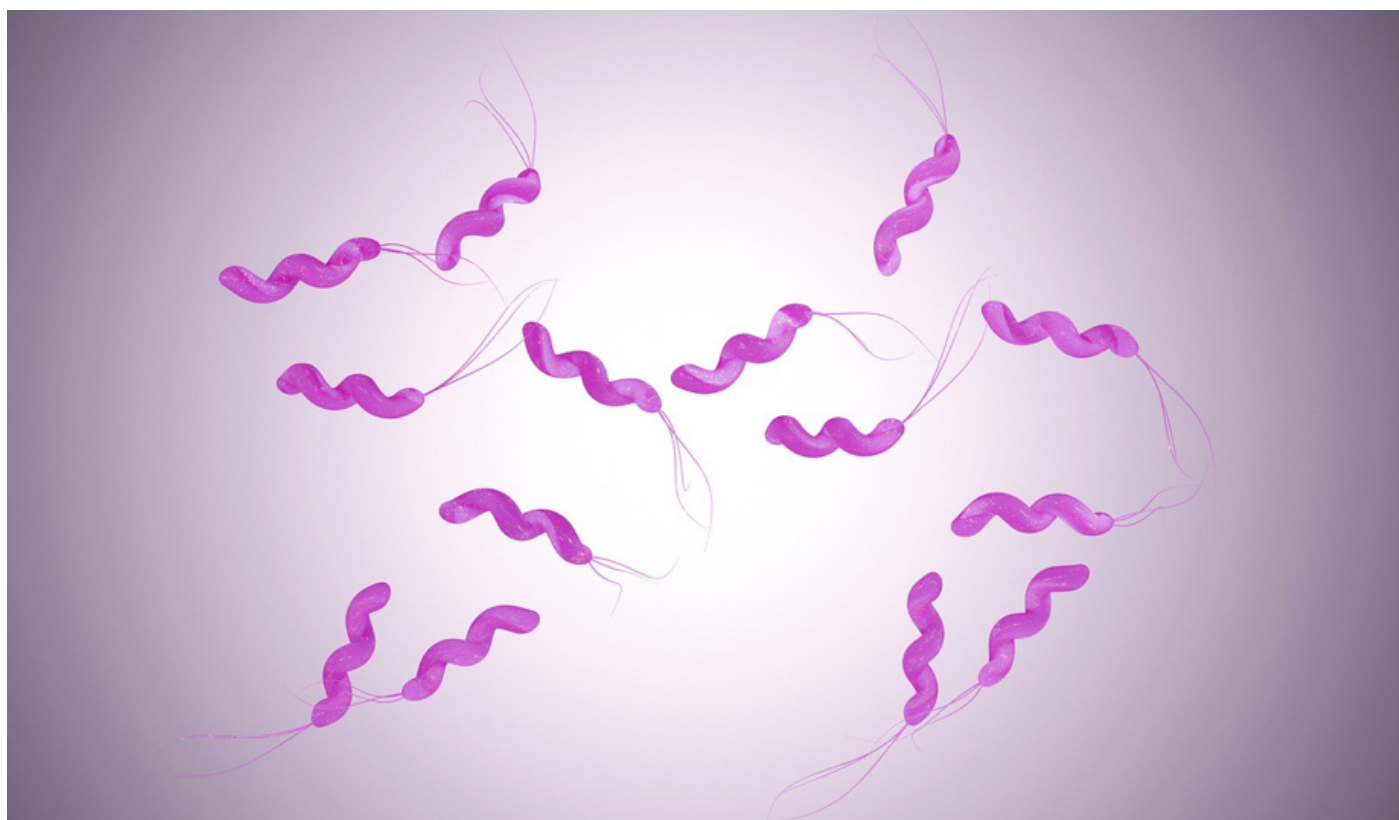
En los últimos años, los científicos se han interesado en la asociación de las señales emitidas por el cuerpo humano y su efecto sobre la microbiota. Es así como surge una nueva área del conocimiento denominada **Endocrinología Microbiana**. Al tratar de entender la relación entre los microorganismos y su hospedero, esta disciplina involucra campos tales como la **microbiología** que estudia a los microorganismos y la **endocrinología** que estudia la función y trastornos en la producción de hormonas, así como la **neurociencia** que estudia el sistema nervioso y sus señales.

### Endocrinología microbiana, ¿qué estudia?

La endocrinología microbiana estudia la **capacidad de los microorganismos para producir y reconocer señales**, tanto propias como producidas por su hospedero. Estudios recientes han relacionado a los microorganismos del intestino como un mediador entre el sistema gastrointestinal y el sistema nervioso central, conocido en su conjunto como eje microbiota-intestino-cerebro.

La comunicación entre las células de los ani-

males y los microorganismos que habitan en ellos, se ha establecido mediante señales que sugieren una percepción mutua. Los microorganismos modifican su estilo de vida individual a uno grupal, donde se comunican con el resto de sus iguales o con otros microorganismos. Cuando el número de individuos de la población incrementa, la comunicación denominada **detección del quórum** (*Quorum sensing*), promueve diversas acciones de competencia entre los microorganismos, emitiendo luminiscencia, fabricando pelos celulares para moverse, produciendo antibióticos y una cubierta que los protege de condiciones adversas (biopelículas), entre otras acciones. Esto se da a través de la producción de **señales llamadas autoinductores**, las cuales se acumulan fuera del microorganismo y son reconocidos por receptores celulares que favorecen la activación de los genes asociados a la conducta en comunidad. Las bacterias también producen moléculas similares a las que sintetizan las células humanas, lo que sugiere una evolución conjunta, lo cual no sería extraño porque tienen cientos de miles de años de convivencia. La comunicación de las bacterias con los organismos que habitan resulta en una coordinación en el comportamiento de la población para una asociación exitosa.



[https://pixabay.com/es/photos/bacterias-pat%\*c\*3%\*b\*3genos-espirlilla-7181116/](https://pixabay.com/es/photos/bacterias-pat%c3%b3genos-espirlilla-7181116/)

### Las bacterias nos controlan

Las señales de *quorum sensing* de las bacterias también estimulan a las células de nuestro sistema inmune, aumentando la producción de moléculas como las interleucinas, que interfieren con la producción de anticuerpos, de células de defensa (linfocitos T), modifican la organización interna de una célula, su permeabilidad, su homeostasis (equilibrio de sustancias dentro y fuera de la célula), o activan los mecanismos de defensa del cuerpo, o la apoptosis (muerte celular). **Los microorganismos del intestino producen sustancias con actividad microbiana e inmunomoduladora** como los ácidos grasos de cadena corta, las vitaminas K y B, la dopamina, la serotonina, la acetilcolina, la histamina, los anticuerpos, péptidos y ácido gamma amino butírico, lo que **facilita la colonización** competitiva y la inclusión o exclusión de otras especies bacterianas.

Las neuronas requieren de la sustancia llamada **dopamina** para su funcionamiento, además de ser el precursor de la hormona del estrés, la **norepinefrina**. Estas sustancias o sus precursores, también las produce una bacteria conocida como ***Escherichia coli*** dentro del intestino. Y sí, tal como lo supones, ¡esas sustancias pueden controlar también a nuestro sistema nervioso! Por lo tanto, **pueden controlar nuestra conducta**. De hecho, los científicos han demostrado que cambios en el número y en el tipo de bacterias en el intestino, **pueden estar asociadas a estados de ánimo, enfermedades crónico-degenerativas** como el cáncer o el Alzheimer. Lo contrario también es cierto, cambios en la salud mental o corporal pueden provocar cambios en la microbiota del intestino.

### Las bacterias y nuestras células se comunican

Las hormonas como las catecolaminas, la

adrenalina y la dopamina, sirven como señales de nuestro sistema nervioso, pero también para que **algunos microorganismos modifiquen su comportamiento**. Lo anterior es ejemplo de que estas moléculas funcionan como señales entre células de microorganismos y las células de sus hospederos. Las **citocinas** son señales del sistema inmune que usamos para defendernos de los microorganismos patógenos. Tiene cierta lógica pensar que las bacterias pudieran reconocer estas señales de defensa para prepararse para un contraataque. Otras moléculas del sistema nervioso, como la **epinefrina, norepinefrina, adrenalina y la noradrenalina**, provocan en las bacterias la activación en la movilidad, un incremento en la invasión, producción de toxinas, inducción de biopelículas o controlan la virulencia (potencia para causar daños). Las hormonas que regulan el metabolismo (cortisol) y el desarrollo sexual (progesterona), también pueden disminuir el crecimiento de algunas bacterias e incrementar la producción de biopelículas. La **insulina** (hormona que regula el contenido de glucosa en la sangre) incrementa el crecimiento, la virulencia y puede modificar la respuesta de *quorum sensing* en las bacterias.

Lo anterior sugiere que las bacterias y las células de nuestro cuerpo **emiten y detectan señales de acuerdo con el entorno o condiciones asociadas al cuerpo humano**, a la vez que pueden servir de comunicación entre ambas. Es importante conocer los mecanismos de comunicación entre células de diferentes organismos que interaccionan, como una alternativa viable para la prevención y control de enfermedades. El uso de prebióticos, probióticos, la transferencia de materia fecal o uso de bacteriófagos, es una posibilidad para lograr un equilibrio de los microorganismos intestinales que sean benéficos en la salud.



Del Coco V.F. (2015). Los microorganismos desde una perspectiva de los beneficios para la salud. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(3), 171-173. <https://www.redalyc.org/pdf/2130/213041741001.pdf>

Loera-Muro A., Barraza A., Caamal-Chan M.G. (2019). Diálogo entre bacterias. ¿Cómo se comunican las bacterias? *Recursos Naturales y Sociedad*, 5(1), 24-39. <https://>

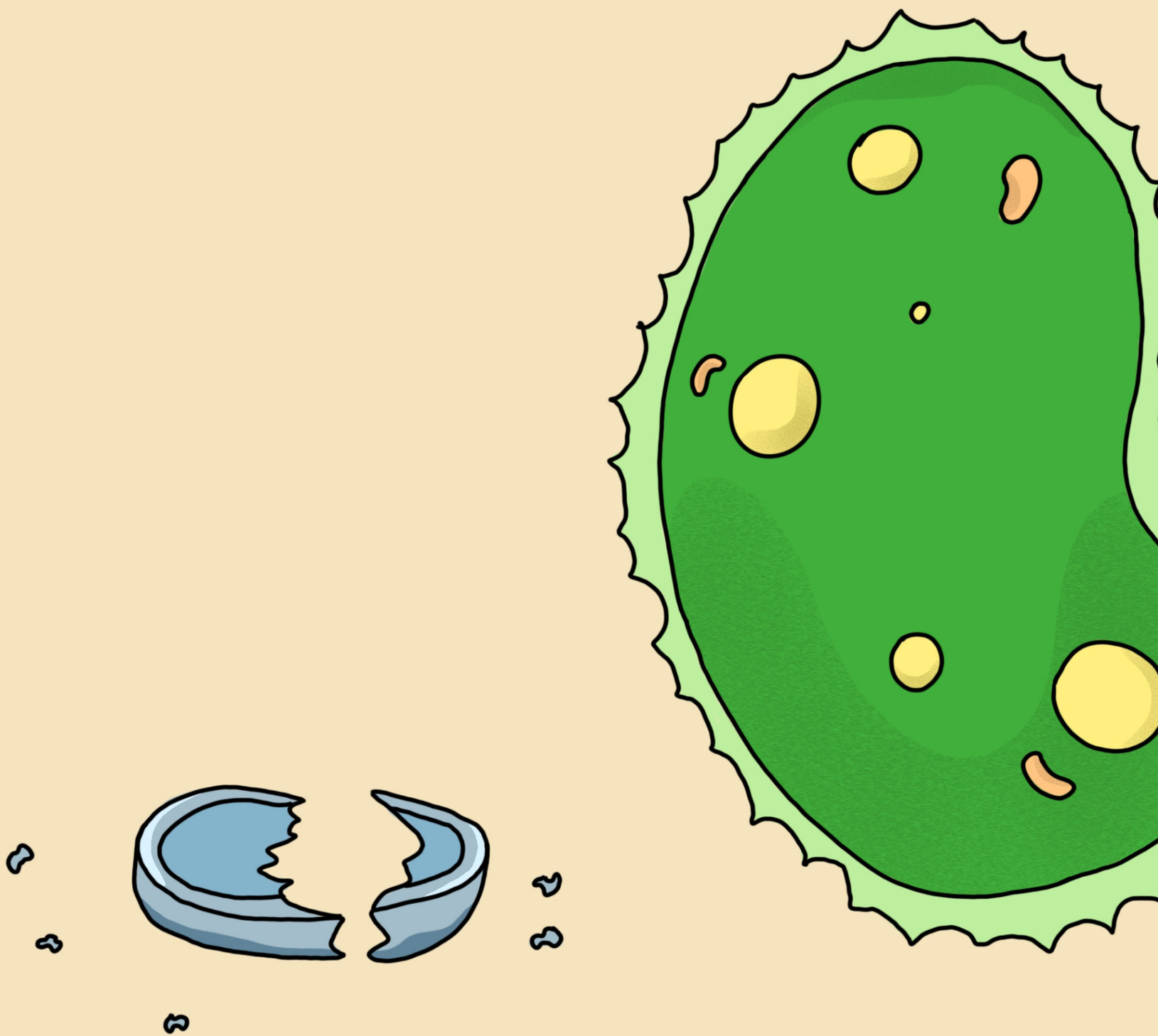
[www.cibnor.gob.mx/revista-rns/pdfs/vol5num1/3\\_DIALOGO\\_BACTERIAS.pdf](http://www.cibnor.gob.mx/revista-rns/pdfs/vol5num1/3_DIALOGO_BACTERIAS.pdf)

Lyte M. (2016). Microbial Endocrinology in the Pathogenesis of Infectious Disease. *Microbiology Spectrum*, 4(2). <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/microbiolspec.VMBF-0021-2015>

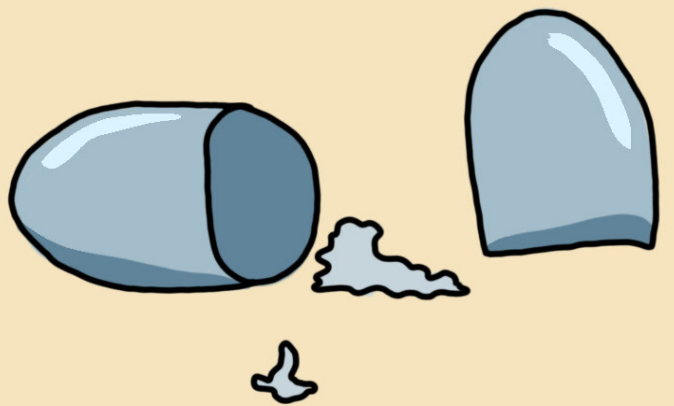
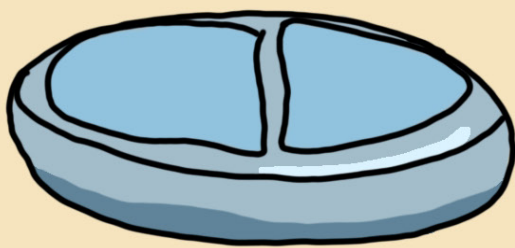
# ARTÍCULO DE PORTADA

## Caballo de troya bacteriano, conquistando al humano

Maricarmen Corona-Vázquez







**E**l descubrimiento de los **antibióticos** fue una de las principales batallas ganadas por el humano **contra los microorganismos patógenos**, ya que, gracias a ellos, millones de vidas han sido salvadas. Sin embargo, esta realidad está siendo opacada por la maravillosa, pero también temible, **capacidad de los microorganismos de adaptarse y de crear resistencia**. Según reportes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que **para el año 2050 habremos perdido esta guerra** debido a que nuestra creación ya no servirá para tratar infecciones ¿Tendremos alguna oportunidad de ganar? ¿Podremos enfrentar a los patógenos? ¿Cuál es la estrategia que los hace ser tan poderosos?

### Conociendo al enemigo

Hasta el momento se han descrito aproximadamente **145 800 especies de microorganismos**, cuya forma de interactuar con el mundo y con los humanos, es variada. Alrededor del **seis por ciento conforman el grupo de los patógenos**, que son todos los microorganismos dañinos para el humano y causantes de enfermedades, enemigos constantes que amenazan nuestra vida.

Los patógenos siempre han deseado conquistarnos, **han desarrollado mecanismos de adaptación para sobrevivir a distintos ambientes**, dando lugar a poblaciones bacterianas inmunes a los medicamentos que originalmente las mataban. Este fenómeno ha sido denominado por la OMS, como resistencia a los antimicrobianos, y lo ha clasificado como el **tercer problema más importante de salud pública del siglo**.

### Resistencia bacteriana: Mecanismos de defensa

A lo largo de los años hemos controlado los ataques de los patógenos gracias al desarrollo de los antibióticos, medicamentos diseñados para destruirlos. Dependiendo del tipo de antibiótico y del microorganismo que se quiere aniquilar, será la estrategia empleada. Ante este ataque, las bacterias cuentan con cuatro mecanismos de defensa o resistencia generales.

- **Inactivación del antibiótico.** Las bacterias liberan enzimas que degradan o modifican la estructura del medicamento y, a su vez, las propiedades químicas del mismo.



<https://images.pexels.com/>



images. pixabay

• **Modificación del sitio de acción del antibiótico.** A través de mutaciones en el ADN bacteriano, interfieren en la estructura o agregan grupos químicos a la proteína receptora del antibiótico, impidiendo la unión del mismo.

• **Bombas de eflujo.** Son canales que expulsan al antibiótico fuera de la bacteria para mantener concentraciones bajas. Al mismo tiempo, pueden modificar la permeabilidad de sus membranas para reducir la absorción del medicamento.

• **Reemplazo o desvío del sitio de destino.** Algunos antibióticos tienen como objetivo inactivar ciertas enzimas en las bacterias, por otro lado, las bacterias actúan ante ellos desviando la acción hacia objetivos de estructura similar, pero que no les causan daño.

#### **Estrategias genéticas: Transmisión de poderes**

Las bacterias tienen la **capacidad de desarrollar, adquirir y transmitir sus mecanismos de resistencia**, adaptándose con ello a la presencia de antibióticos. Lo hacen a través de dos estrategias genéticas: **mutaciones en el cromosoma** (espontáneas, estables y de transmisión vertical de generación en generación) e **intercambio de genes de**

**resistencia** por transferencia horizontal a través de distintos procesos. Esta última vía, le permite a la bacteria adquirir resistencia sin haber estado en contacto con los antibióticos.

#### **Factores de virulencia: La armadura de las bacterias**

Una vez aclarados los mecanismos de defensa de las bacterias, es momento de hablar de su forma de ataque. **Su objetivo es colonizarnos** y lo consiguen en cuatro pasos fundamentales: invasión del huésped, colonización del tejido, daño del tejido y evasión de las defensas del huésped.

En cada uno de esos pasos, las bacterias deben ir equipadas con ciertas herramientas que les permitan realizar la acción, es decir, requieren de una armadura especial para cada situación. Estas armas son llamadas **factores de virulencia** y cada uno tiene una función específica; solo a través de la acción combinada de los factores de virulencia, se logra un proceso de infección exitoso.

Como ejemplos de factores de virulencia hablaremos de los **flagelos**, estructuras que le otorgan movilidad a los patógenos, permitiéndoles buscar nutrientes y emigrar a sitios con condicio-

nes más favorables; son necesarios para la invasión del huésped. Una vez que encuentran el sitio ideal, utilizan armas de adherencia para establecerse y penetrar en las células de su huésped, y una vez que se internan, comienzan a replicarse, esto es llamado **colonización del tejido**. Después de lograr la colonización, requieren alimentarse, y para ello utilizan ciertos factores como los **sideróforos**, sustancias que les permiten captar hierro, el cual es esencial para su crecimiento. Finalmente, iniciarán una batalla por la competencia de nutrientes con su huésped, por lo que utilizarán factores de virulencia que causen daño a los tejidos, generalmente son **toxinas**.

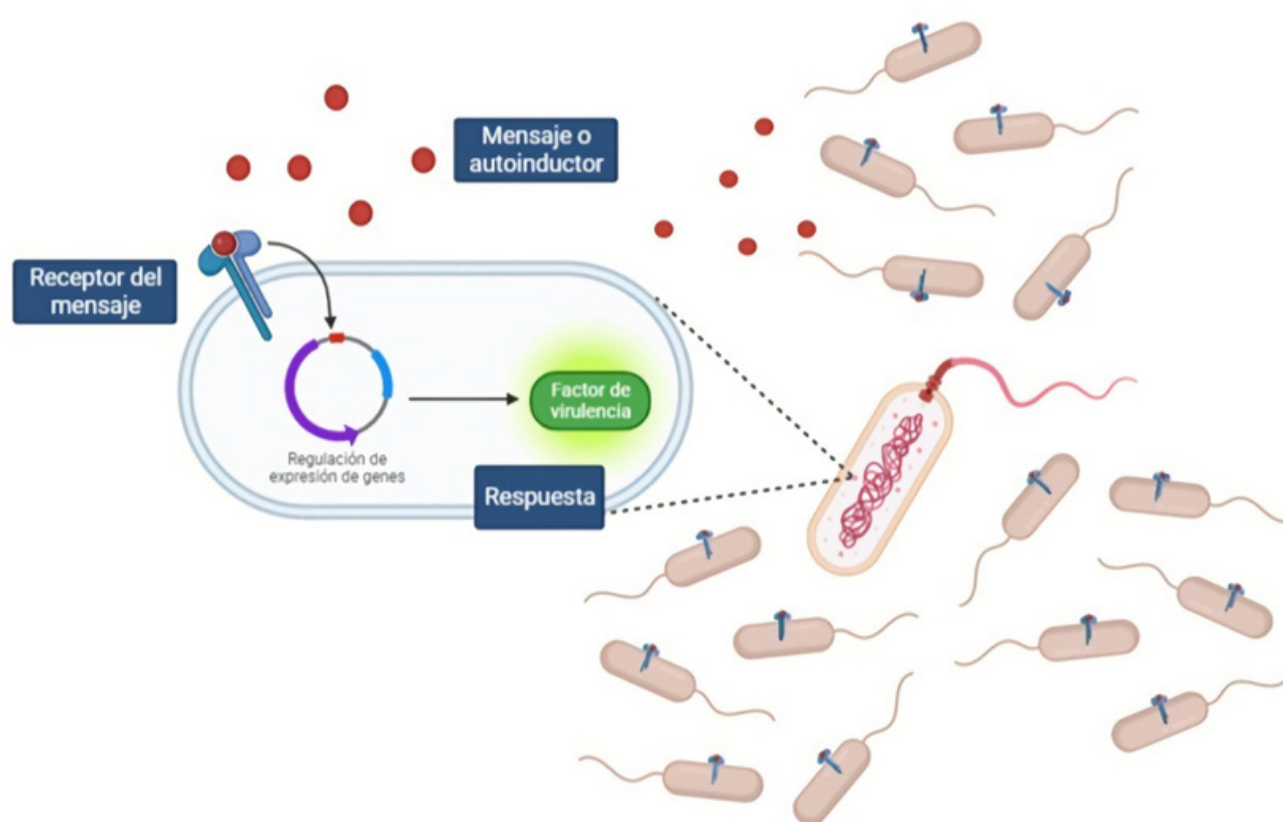
Durante todo el proceso infeccioso, los patógenos deben procurar constantemente evadir la respuesta inmune, uno de los factores más utilizados para ello son las cápsulas, una ligera lámina de polisacáridos que actúa como protección de la pared celular, y también es utilizada para evitar la acción de los antibióticos. **Cada especie bacteriana tiene sus propios factores de virulencia**, algunas tienen herramientas o mecanismos más poderosos que otras y de estos dependerá el daño causado.

### Sistema de detección de *quorum*: El caballo de troya bacteriano

Una bacteria, aun teniendo todos los mecanismos de defensa, transmisión y ataque, es incapaz de sobrevivir o hacer daño por sí sola, **necesita actuar de manera colectiva** para regular su comportamiento y llevar a cabo funciones básicas como la reproducción y la adaptación a los constantes cambios del medio donde se desarrollan. Para cumplir estos objetivos, utilizan un **sistema de comunicación** con el cual se van informando unas a otras, cómo es el lugar en donde se encuentran y qué herramientas necesitan para enfrentarlo.

Este sistema de comunicación está formado por dos elementos principales, uno lo conforman moléculas químicas llamadas **autoinductores** que son la **representación del mensaje**, y otro son los **receptores** de estas moléculas que **representan el buzón**.

Para comunicarse, cada bacteria envía un mensaje con una instrucción que permanece en el medio en donde habitan, como si se subiera información a la nube; en este espacio se empiezan a acumular muchos mensajes, **la cantidad de mensa-**





jes son el reflejo del tamaño de la población bacteriana. Así, cuando se alcanza un número grande de mensajes, indicando la misma instrucción, las bacterias son capaces de detectarlo a través de sus receptores e interpretarlo como «Somos muchas y estamos listos». Ante esta señal, se activará la expresión de un determinado gen, el cual se va a encargar de llevar a cabo la instrucción contenida en el mensaje.

Dicho de otra forma, el sistema de comunicación bacteriano permite activar o inactivar la expresión de un conjunto de genes que darán como resultado la posesión de una herramienta bacteriana específica que les permitirá mantenerse en un nuevo ambiente o llevar a cabo una determinada función. Específicamente para el ataque, las instrucciones indican a los genes que en ese momento las bacterias deben tener ciertos factores de virulencia, dependiendo de la etapa de infección en la que se encuentren.

A este tipo de comunicación se le denomina **sistema de detección de quorum**, es decir, se requiere un número específico de bacterias para que haya una respuesta al mensaje enviado. Esto representa una ventaja durante el proceso infeccioso, ya que les permite evadir la respuesta inmune de su

hospedero. Si el ataque iniciara con una población muy pequeña, lo más probable es que los soldados del sistema inmune los destruirían fácilmente. Pero utilizando este sistema, las bacterias logran entrar, crecer, reproducirse e invadir a su enemigo de una manera muy silenciosa, para cuando este logra darse cuenta del ataque, ya hay un número grande de bacterias preparadas con una armadura capaz de defenderse y hacer daño.

### El futuro de esta guerra bacteriana está en nuestras manos

Es evidente que la guerra contra nuestros enemigos será eterna, pero no tenemos por qué perderla. La OMS ha emitido una alerta a toda la comunidad en búsqueda de soluciones, para ello necesitamos conocer los dos puntos clave que han agravado el problema y sobre los cuales podemos tener acción: el **uso inapropiado de antibióticos** y la **falta de tratamientos infecciosos** en la actualidad.

Los dos principales consumidores de antibióticos son la **ganadería**, que representa hasta un ochenta por ciento de los consumidores totales, y el **sector salud**. El consumo en estos dos sectores produce desechos que forman un ciclo que ocasio-

na que haya **presencia de antibióticos en todo el ambiente**: suelos, agua, e incluso en los alimentos y en los peces que consumimos, ocasionando que bacterias, aún sin haber tenido contacto con antibióticos, ahora posean genes de resistencia a ellos.

En el caso del uso para tratamientos infecciosos, se deben **implementar medidas que involucren a gobiernos, médicos y pacientes**. Es necesario mejorar los sistemas de salud, las técnicas de diagnóstico, fomentar la prevención y, como pacientes, evitar los tratamientos incompletos y la automedicación.

En el sector ganadero, controlar el consumo es más complejo, porque su uso está determinado por la creciente demanda de alimentos a nivel mundial. La mayoría de los antibióticos consumidos en este sector, no es para tratar infecciones, sino que generalmente se administra para engorda y como medida preventiva por las condiciones de hacinamiento en las que suelen tener al ganado. Para tratar este problema, **es necesario poner en**

**marcha reformas en la distribución de alimentos y la manera en la que los producimos**, así como contemplar nuevas técnicas como la ganadería agroecológica y también, nosotros como consumidores, debemos de replantearnos nuestros hábitos y fuentes de consumo.

Por otro lado, debemos aceptar el hecho de que la manera en la que actualmente abordamos las infecciones, ya no es la apropiada. Es cierto que los antibióticos fueron nuestra arma de oro durante muchas décadas, pero es momento de dejar de abrazar este triunfo y dirigirnos a la **búsqueda de nuevos tratamientos y tecnologías**.

El panorama actual nos muestra que nos estamos dirigiendo a una derrota inminente ante nuestros maravillosos enemigos; sin embargo, esto no es del todo cierto, podemos aprender de la forma colectiva en la que ellos trabajan y en la que hacen frente a sus adversidades. Si realizamos acciones globales donde todos nos involucremos y hagamos mejoras en la parte que nos corresponda, podremos seguir en la batalla.



**Maricarmen Corona-Vázquez.** Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas (Unidad Biotecnología) del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) del CONAHCYT. Egresada de la Universidad Nacional Autónoma de México con el grado de Maestra en Ciencias del Mar. Mis investigaciones están orientadas en la bioprospección de productos naturales de diversas especies. En la actualidad, mi trabajo busca adaptar nuevas tecnologías de investigación, incluida la metabolómica, para mejorar y acelerar los métodos convencionales utilizados en el estudio de metabolitos secundarios. Mi tesis doctoral está centrada en la identificación de inhibidores naturales de factores de virulencia bacteriana.

**maacacova@gmail.com**



Cárdenas-Perea M.E., Cruz y López O.R., Gándara-Ramírez J.L., Pérez-Hernández M.A. (2014). Factores de virulencia bacteriana: La «inteligencia» de las bacterias. *Elementos*, 94(21), 35-43. <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000001145.pdf>

Marquina-Díaz D. y Santos de la Sen A. (2010). Sistemas de *quorum sensing* en bacterias. *Reduca (Biología)*. Serie

*Microbiología*, 3(5), 39-55. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/820/835>

World Health Organization. (2022). *Global report on infection prevention and control*. Geneva: World Health Organization. Licencia: CCBY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-92-4-005116-4. <https://www.who.int/publications/item/9789240051164>

# ARTÍCULO

## ¿El machine learning y la inteligencia artificial nos facilitan la vida?

Francisco Javier López-Flores y José María Ponce-Ortega



<https://pixabay.com/es/photos/computadora-port%C3%A1til-escritorio-6332544/>

**Francisco Javier López-Flores.** Estudiante de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[francisco.lopez@umich.mx](mailto:francisco.lopez@umich.mx)

**José María Ponce-Ortega.** Profesor e Investigador de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

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

¿Por qué el *machine learning* y la inteligencia artificial nos facilitan la vida?

**E**n la actualidad, generamos constantemente una enorme cantidad de datos todos los días, mediante los sectores industriales y los dispositivos tecnológicos que tenemos a nuestro alcance, como las computadoras, los teléfonos y las tabletas conectados a la red. Todos estos datos son almacenados en **bases de datos digitales** y constituyen una **valiosa fuente de información**. Sin embargo, sin un tratamiento apropiado ni una buena estrategia de análisis, esta enorme cantidad

de datos se reduce en un simple cúmulo de bytes inservibles. El desarrollo del *machine learning*, ha permitido utilizar y aprovechar al máximo todos los datos generados.

### ¿Qué es el *machine learning*?

Es un subcampo de la inteligencia artificial que desarrolla programas mediante el uso de datos y algoritmos para imitar la forma en la que los humanos aprendemos con el fin de ir mejorando gradualmente la precisión y la exactitud de los resultados que se desean predecir. En particular, el *machine learning* impulsa a las aplicaciones de la inteligencia artificial más avanzadas de la actualidad, **mejorando nuestra vida diaria de diferentes maneras**. En las últimas dos décadas, ha tenido impresionantes avances en **informática, estadística, en el desarrollo de redes neuronales artificiales y en la mejora en la calidad y cantidad de datos**, lo cual ha permitido a las grandes empresas líderes de la actualidad, como Google, Facebook, Tesla, Amazon, Netflix y Apple, generar un gran número de productos innovadores basados en el *machine learning*.

No obstante, el *machine learning* impacta en **todas las industrias a través de una amplia lista de aplicaciones**, ya que brinda a las empresas una visión de las tendencias en el comportamiento de los clientes y en los patrones operativos comerciales, a

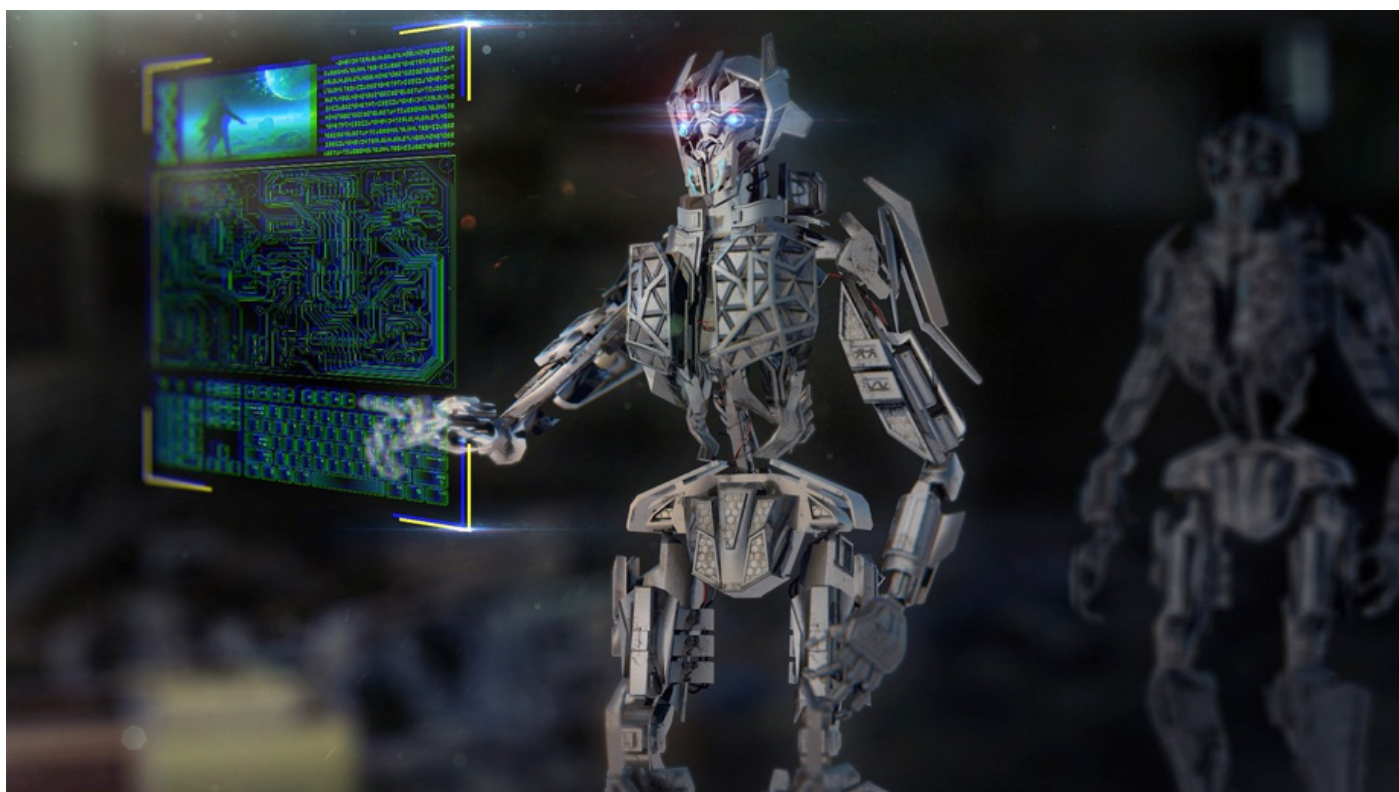
la vez que respalda el desarrollo de nuevos productos. Los principales campos donde se encuentra el *machine learning* en nuestra vida cotidiana son:

- Reconocimiento de voz e imágenes
- Servicio al cliente
- Motores de recomendación
- Detección de fraude
- Negociaciones de acciones

Ahora, ¿te has preguntado cómo funcionan el traductor de Google, los coches autónomos de Tesla, la predicción de tráfico de Google Maps, Alexa y las recomendaciones de películas de Netflix? Te describimos brevemente esto.

**Traductor de Google.** Nos permite traducir documentos, oraciones y sitios web al instante. Estas traducciones son efectuadas por computadoras a partir de los patrones de texto encontrados. Para enseñarle a una persona un nuevo idioma, generalmente comenzamos enseñando el vocabulario, las reglas gramaticales y, posteriormente, explicamos cómo elaborar oraciones. Sin embargo, el traductor de Google adopta un enfoque ligeramente distinto, es decir, en vez de enseñar las reglas de un idioma a una computadora, lo que se hace es dejar que la computadora encuentre las reglas por ella misma.

El traductor de Google, con la ayuda del *machine learning*, examina miles de millones de docu-



<https://pixabay.com/es/photos/robot-m%C3%A1quina-tecnolog%C3%ADA-mecha-ai-2301646/>





<https://pixabay.com/es/photos/negocio-mobile-aplicaciones-7149137/>

mentos que ya han sido traducidos por traductores humanos. Entonces, el traductor de Google recolecta texto de diversas fuentes. Tras recopilar el texto (datos), la computadora intenta encontrar patrones escaneando el texto. Una vez que la computadora detecta el patrón, este se utiliza varias veces para traducir un texto similar. Las repeticiones del mismo proceso por parte de la máquina, detectarán millones de patrones que la convertirán en un traductor perfecto. Para algunos idiomas, el traductor de Google ya tiene documentos traducidos, por lo tanto, la computadora solo debería detectar unos pocos patrones. Pues bien, esto puede acabar con una calidad de traducción variable. La traducción de Google es indiscutiblemente perfecta, pero al proporcionar constantemente nuevos textos traducidos, puede volverse más inteligente y traducir mejor.

### Los coches autónomos de Tesla

De acuerdo con un estudio efectuado recientemente, más del 90 % de los accidentes de tráfico se deben a errores humanos, que con frecuencia son catastróficos. Los accidentes han ocasionado numerosas muertes innecesarias (vidas que podrían haberse salvado conduciendo de forma segura). Los coches autónomos son más seguros que

los coches conducidos por humanos, ya que no se ven influenciados por factores como enfermedades o las emociones del conductor. Si bien nosotros visualizamos el mundo que nos rodea con los ojos, el piloto automático recurre a la ayuda de sensores de alta tecnología para reconocer los objetos. Posteriormente, interpreta la información y deduce la mejor conclusión. Los coches autónomos tienen sensores muy bien distribuidos para la detección de puntos ciegos, el radar, el aviso de colisión frontal, así como los sensores ultrasónicos y de cámara. Además, estos coches disponen de servicios informáticos en línea para observar su entorno mediante la recopilación de datos sobre el tráfico, las condiciones climáticas, los vehículos adyacentes y muchos otros indicadores. Finalmente, todos los datos recolectados por el coche (datos de los sensores y el entorno) se interpretan por un algoritmo de *machine learning* que tiene que tomar decisiones de acción a la perfección.

### Predicción de tráfico de Google Maps

Es muy preciso en la predicción del tráfico. Si tiene su teléfono con Google Maps abierto y los servicios habilitados, entonces su teléfono, o la aplicación, envía de forma anónima datos en tiempo real a Google. Luego, Google usa esta información o da-

tos para calcular cuántos autos hay en la carretera o qué tan rápido se mueven. A medida que más personas comienzan a usar la aplicación, los datos de tráfico se vuelven más precisos. Si hay más tráfico, la aplicación sugerirá una ruta más rápida para llegar a tiempo a su destino. Google incluso conserva un historial de patrones de tráfico en una carretera específica, con el fin de predecir el tráfico en un momento determinado, en un lugar concreto.

### Alexa

Es capaz de realizar casi cualquier tarea en línea, como leer libros o recetas, dar el pronóstico meteorológico y reproducir tu canción favorita. La palabra «Alexa» es una palabra de activación; al decirlo, comienza la grabación de su voz y, al terminar de hablar, envía la voz a Amazon. El sistema que mantiene esta grabación se llama Alexa Voice Service (AVS), y es una de las mejores aplicaciones del *machine learning*. En resumen, una vez que se ha anotado el comando por Alexa, se envía a Amazon. Luego, AVS da la respuesta diciéndole la información que se le ha pedido con la ayuda de un archivo de audio enviado por los servidores de Amazon.

También puede controlar sus electrodomésticos mediante comandos de voz, si está utilizando dispositivos electrónicos inteligentes, como enchufes e interruptores, cámaras de seguridad, Smart TV, robot de limpieza, espejos, bombillas donde se pueden dar comandos para encender o apagar las luces, entre muchos más. Incluso, puede vincularlo a cualquier empresa y pedir pizza.

### Recomendación de películas de Netflix

Actualmente, más del 80 % de las películas, series o programas que estamos viendo en Netflix, se descubren a través del sistema de recomendación. Esto significa que la mayoría de lo que decidimos ver es el resultado de las decisiones tomadas por el algoritmo de recomendaciones de esta plataforma. Netflix tiene más de 100 millones de usuarios en todo el mundo; contando los múltiples perfiles de usuario para cada suscriptor, llega a un total de alrededor de 250 millones de perfiles activos. Netflix usa diferentes tipos de datos de estos perfiles. Realiza un seguimiento de lo que están viendo desde su perfil, en qué momento del día lo está viendo, lo que ven después de completar su video



Imagen de Finn en Pixabay

actual, e incluso lo que han visto antes. Combina esta información con más datos para comprender el contenido de los programas que estás viendo. Estos datos se recolectan de docenas de cosas internas e independientes que se ven cada minuto y cada programa en Netflix, y los etiquetan. Todas las etiquetas y los datos de comportamiento del usuario, se recopilan y se alimentan en un algoritmo de *machine learning* altamente complejo que decide qué es lo más importante. Esto se realiza para analizar el gusto de las comunidades de todo el mundo, personas que miran el mismo tipo de cosas que tú miras. Entonces, se hace encajar a los espectadores en miles de grupos con gustos diferentes que impactan a las ventanas emergentes de recomendación que aparecen en su pantalla en la parte superior dentro de la aplicación de Netflix.

### **Pero, ¿qué desafíos e impacto sociales tiene el uso del *machine learning*?**

Una de las preocupaciones sociales del uso del *machine learning*, o de la inteligencia artificial, es la **pérdida de empleos**. Sin embargo, a través de la historia se ha encontrado que, con cada nueva tecnología revolucionaria, la demanda del mercado de **roles de trabajos específicos cambia**. Por ejemplo, debido a los aspectos ambientales, muchos fabricantes de la industria automotriz están cambiando para enfocarse en la producción de vehículos eléctricos. Esto no hará que la industria de los combustibles desaparezca, pero la fuente de energía en los vehículos está cambiando de combustibles a electricidad. De manera similar, la inteligencia artificial trasladará la demanda de puestos de trabajo a otras áreas. Será necesario tener personas que ayuden a

administrar los sistemas de inteligencia artificial. También, será necesario tener personas para abordar problemas más complejos dentro de las industrias que tienen más probabilidades de verse afectadas por los cambios en la demanda laboral, como el servicio al cliente. Entonces, uno de los mayores desafíos con la inteligencia artificial y su efecto en el mercado laboral, será **ayudar a las personas a hacer la transición a los nuevos roles que están en demanda**.

Además, tiende a discutirse en el contexto de la privacidad, la protección y la seguridad de los datos. Estas preocupaciones han permitido a los formuladores de políticas avanzar más en los últimos años.

Otro importante impacto son los casos de **sesgo y discriminación** en varios sistemas de *machine learning* que han planteado muchas **cuestiones éticas con respecto al uso de la inteligencia artificial**. Entonces, ¿cómo podemos protegernos contra el sesgo y la discriminación cuando los propios datos de entrenamiento pueden ser generados por procesos humanos sesgados? Si bien las empresas suelen tener buenas intenciones para sus esfuerzos de automatización, muchas veces inciden en la discriminación. Un ejemplo real de esta discriminación se llevó a cabo por Amazon, donde en un esfuerzo por automatizar y simplificar un proceso, discriminó involuntariamente a los candidatos por género para puestos técnicos, lo que acabó obligando a la empresa a desechar el proyecto. El sesgo y la discriminación tampoco se limitan a la función de recursos humanos, ya que se pueden encontrar en una serie de aplicaciones, desde programas de reconocimiento facial hasta algoritmos de redes sociales.



Arias V., Salazar J., Garicano C., Contreras J., Chacón G., Chacín-González M., Añez R., Rojas J. y Bermúdez-Pirela V. (2019). Una introducción a las aplicaciones de la inteligencia artificial en medicina: Aspectos históricos. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, 14(5), 590-609. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=170262877013>

Management Solutions. (2018). *Machine learning, una pieza clave en la transformación de los modelos de nego-*

*cio*, 5-42. <https://www.managementsolutions.com/sites/default/files/publicaciones/esp/machine-learning.pdf>

Pedrero V., Reynaldos-Grandón K., Ureta-Achurra J. y Cortez-Pinto E. (2021). Generalidades del Machine Learning y su aplicación en la gestión sanitaria en Servicios de Urgencia. *Revista Médica de Chile*, 149, 248-254. <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872021000200248>

# ARTÍCULO

## Uso de Internet de las Cosas como apoyo para el cuidado del medio ambiente

Mabel Vázquez-Briseño y Ana Elena Soto-Fernández



<https://pixabay.com/es/photos/casa-inteligente-casa-tecnolog%c3%ada-3653348/>

**Ana Elena Soto-Fernández.** Estudiante de Maestría en Ingeniería en el programa Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería (My-DCI), Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., México.

[ana.elena.soto.fernandez@uabc.edu.mx](mailto:ana.elena.soto.fernandez@uabc.edu.mx)

**Mabel Vázquez-Briseño.** Profesora-Investigadora de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., México.

[mabel.vazquez@uabc.edu.mx](mailto:mabel.vazquez@uabc.edu.mx)

**E**l **Internet de las Cosas**, mejor conocido como IoT por las siglas en inglés de *Internet of Things*, es un concepto muy amplio con **aplicaciones en diversos entornos**. Esto se debe a que incorpora elementos tanto de software como de hardware que se comunican para poder **brindar servicios**. Los objetos, o cosas en IoT, pueden ser elementos **físicos o virtuales**, los cuales tienen la característica principal de que podrán ser identificados de manera única y conectarse a una red de comunicaciones. Algunos objetos, ade-

más, pueden ser capaces de detectar variables o adquirir datos del entorno físico, tal es el caso de los sensores.

### Hablemos de los sensores IoT

Un sensor es un dispositivo que detecta y responde a un tipo de entrada de un ambiente físico. Estas entradas físicas pueden ser luz, calor, movimiento, presión, entre otras. El sensor recibe esa entrada y genera una salida que puede ser visualizada por un humano y, en algunos casos, puede ser transmitida a través de una red de comunicaciones para que sea analizada o procesada. Hoy en día, **hay sensores IoT de muchos tipos**, entre ellos de temperatura, humedad, luz, movimiento, ubicación, e incluso de signos vitales, como ritmo cardíaco, oxigenación, entre otros. Un ejemplo muy conocido del uso de IoT es en los hogares inteligentes, con electrodomésticos conectados a Internet.

Pero las aplicaciones de IoT van más allá de actividades triviales; **abarcan diversas áreas**, como la salud, la industria y la agricultura. Una aplicación de IoT menos común, pero por demás importante hoy en día, está relacionada con el **cuidado del medio ambiente**.

Es un problema conocido el hecho de que, actualmente, nuestro planeta atraviesa por situaciones preocupantes, como la falta de agua, ani-

males en peligro de extinción, el cambio climático, entre otros. Estas situaciones han sido provocadas, en gran medida, por el efecto de los humanos sobre los ecosistemas. **IoT tiene un gran potencial** para ser utilizada como la tecnología base en proyectos para el cuidado del medio ambiente, ya que provee dispositivos y sensores de bajo costo y bajo consumo de energía, capaces de permanecer funcionales por largos periodos de tiempo a la intemperie, **recopilando información**.

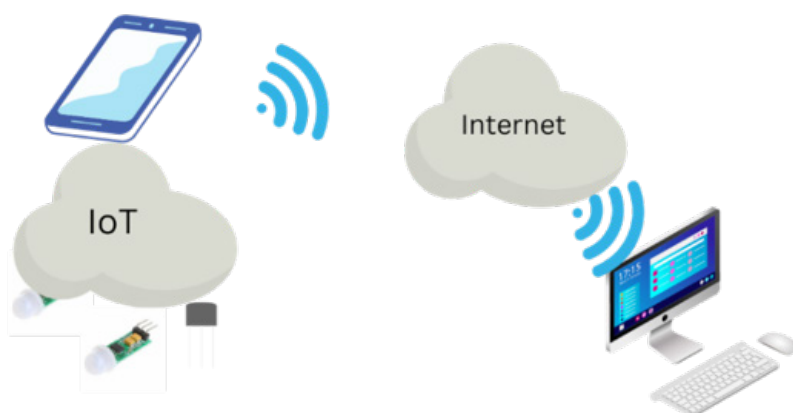
En estos entornos, la comunicación entre dispositivos es posible gracias a las redes de baja potencia y área amplia (LPWAN, *Low Power Wide Area Network*), como la tecnología LoRa (*Long Range*), que permite comunicación con dispositivos hasta a 15 km en zonas abiertas, con un mínimo consumo de energía. Estos dispositivos pueden incluso enviar información a un servidor remoto, en caso de contar con cobertura de una red inalámbrica, ya sea de telefonía celular o por medio de un sistema satelital, y en ese caso no hay necesidad de trasladarse a la zona para capturar los datos.

### ¿Cómo puede aplicarse IoT al cuidado del medio ambiente?

Por sus características, IoT puede aplicarse en diversas áreas para la protección del medio ambiente. Te describimos algunas de ellas:



Fuente: Macrovector de Freepik.



- **Monitoreo** de especies en peligro. El monitoreo de especies animales es una tarea complicada que requiere encuentros de personal capacitado con las especies para capturar datos de su comportamiento y de su estado de salud. IoT puede facilitar esta actividad gracias al uso de dispositivos que incluyen varios sensores y capacidades de comunicación remota.

- **Recolección de datos ecológicos.** La protección del medio ambiente requiere el continuo monitoreo de los ecosistemas. IoT puede ser utilizado para la recopilación y el procesamiento de múltiples variables del entorno de manera automática y confiable. Para ello, se pueden utilizar cámaras inteligentes, dispositivos móviles, sensores de variables de ambiente, e incluso drones que permitan abarcar áreas extensas en poco tiempo.

- **Administración y cuidado del agua.** La administración del agua es primordial hoy en día, tanto en ciudades como en campos agrícolas. Los sistemas de administración del agua basados en IoT, están siendo cada vez más utilizados. Los sensores se utilizan para medir niveles de agua en el ecosistema y para monitorear las variables físico-químicas del agua, primordiales para determinar su calidad y, por ende, que el agua pueda distribuirse o no. También son piezas claves para detectar fugas en tiempo real. La baja calidad del agua y su distribución inequitativa, es un aspecto básico para evitar la falta de agua en zonas urbanas, por lo que IoT permite la implementación de redes inteligentes de distribución y control de ca-

lidad de agua. De igual modo, se han desarrollado sistemas inteligentes de administración del agua en el hogar, estos sistemas permiten concientizar a los usuarios sobre su uso, así como establecer límites para el uso diario.

- **Vigilancia y seguridad.** El medio ambiente y los ecosistemas en donde habitan algunas especies, se encuentran en entornos en donde puede llegar a ser amenazada su integridad o su hábitat, como los nidos de las aves. Hoy en día, además de sensores, se cuenta con cámaras inteligentes de bajo costo, que permiten establecer perímetros, así como enviar notificaciones cuando se considere pertinente. IoT puede proveer seguridad en entornos que requieren poca presencia humana, debido a las características de la especie a proteger.

- **Información para la sociedad en general.** Implicar a la sociedad en general en el cuidado del medio ambiente, es clave para el éxito de esta tarea. Con IoT es posible incluir en zonas naturales información sobre el entorno, dependiendo del contexto y de la ubicación de los visitantes. Esta tarea puede realizarse a través de aplicaciones móviles, sensores de ubicación y elementos con identificadores para reconocer el entorno y las especies que lo habitan, involucrando a los visitantes en su cuidado. De igual modo, los sistemas inteligentes de administración del agua son cada vez más accesibles, permitiendo a los usuarios mantenerse informados sobre su consumo y con ello establecer límites.

### Proyectos existentes de IoT para el cuidado del medio ambiente

Los ejemplos de aplicaciones de IoT que a continuación mencionamos, no son exhaustivos; no obstante, varios proyectos actuales reflejan el impacto de esta tecnología en la protección del medio ambiente.

**Proyectos para la protección de especies en peligro.** Entre estos proyectos se encuentran *Smart Parks* (<https://www.smartparks.org/>) y *Open Collars*, que han permitido la **protección de animales en peligro de extinción** como rinocerontes y leones en África, **con el uso de collares con tecnología IoT.** El proyecto *Papaco* (<https://papaco.org/>) también ha implementado algunas iniciativas utilizando sensores para el monitoreo de animales en **zonas protegidas en África.** El proyecto *Life Lynx Connect* (<https://lifelynxconnect.eu>) de la Unión Europea, ha implementado diversas tecnologías para la **protección del lince ibérico**, entre ellos el uso de collares que proporcionan información sobre su ubicación y permiten estudiar sus movimientos, detectar casos de fur-

tivismo y zonas de riesgo de atropellos en carretera. En este proyecto también se han instalado cámaras en ambientes naturales para observar en tiempo real a los lince. *Avya*, en España, ha permitido la **identificación remota de aves en observatorios naturales**, utilizando tecnología IoT para el estudio de la dinámica poblacional de especies avanzadas. Un proyecto similar se ha estado realizando en México, en la Universidad Autónoma de Baja California, en las playas de Ensenada, para la **protección de aves costeras.**

**Proyectos para la administración y monitoreo de agua.** En Reino Unido se ha utilizado IoT para mitigar el problema de la **contaminación del agua debido a desbordamientos de aguas residuales por las lluvias.** Se colocaron más de dos mil sensores en los desagües, los cuales permiten controlar el nivel de aguas residuales, además de emitir alertas en caso de que se produzca un desbordamiento. El proyecto fue desarrollado por la Universidad de Sheffield, en colaboración con Siemens y otras empresas. En Francia se está trabajando en un **sistema inteligente de distribu-**



<https://pixabay.com/es/photos/wlan-tecnolog%c3%ada-antecedentes-3251871/>

ción de agua que involucra elementos de IoT en la red de tuberías, tanques de almacenamiento y otros componentes como válvulas y bombas. Esta red inteligente permite dar un seguimiento de la distribución del agua potable desde que sale de la planta de tratamiento, de manera que se pueda preservar la calidad del agua, considerando el mantenimiento requerido y su correcta distribución. Este sistema ha logrado **reducir el desperdicio de agua debido a fugas** por fallas de tuberías, así como mantener la calidad del agua en su punto óptimo. También se busca incorporar inteligencia artificial para contar con un sistema predictivo de mantenimiento de la red.

En México, se desarrolló el proyecto *Smart Water*, el cual permite **medir parámetros de la calidad del agua** a través de sensores IoT y aplicaciones inteligentes. El proyecto es una

boración de *Qualcomm*, la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán y el grupo *The Social Intelligence Unit*. Uno de los objetivos principales de este proyecto es **incrementar la conciencia y el entendimiento sobre la calidad del agua** en la comunidad local para prevenir su contaminación, además de reportar problemas en tiempo real y lograr tener un manejo responsable del agua.

El uso de la tecnología IoT para el cuidado del medio ambiente está teniendo una aceptación a nivel mundial; sin embargo, **es importante la colaboración de la población** en general para lograr los resultados esperados.

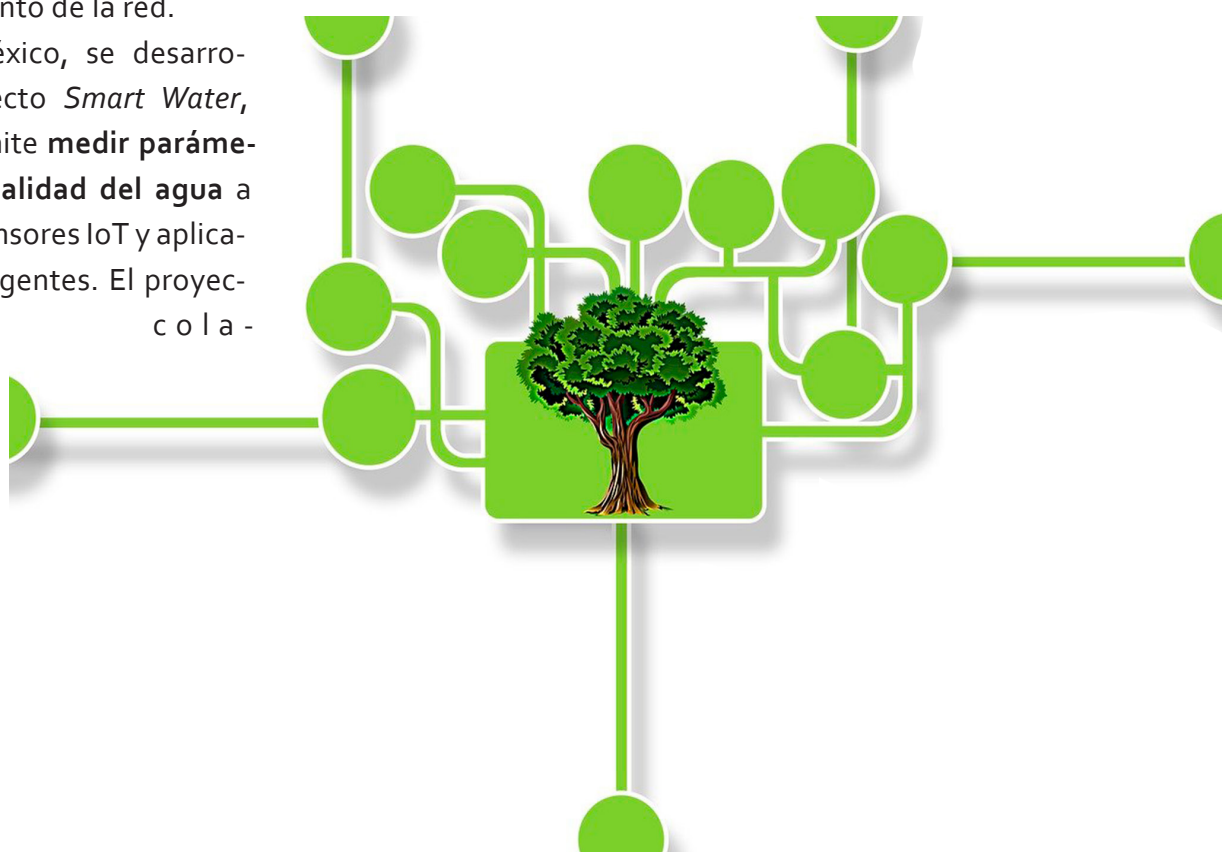


Imagen de Gerd Altmann en Pixabay



Burhan M., Rehman R.A., Khan B., Kim B.S. (2018). IoT elements, layered architectures and security issues: A comprehensive survey. *Sensors*, 18(9), 2796. <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/9/2796/htm>

Ortega F.J.R., Murillo K.E., Martínez D.O.R., Torres M.E.R., Ramírez R.D. (2018). Internet de las Cosas (IoT): Una alternativa para el cuidado del agua. *Pistas Educa-*

*tivas*, 40(130). <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1815>

Solís-Chávez A. (2018). El futuro al alcance de un botón. *Revista Saber Más*, (42). <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/364-numero-42/673-el-futuro-al-alcance-de-un-boton.html>



# ARTÍCULO

## Bioinformática: Protagonista de la ciencia del siglo XXI

Pedro E. Lázaro-Mixteco y Ana Alejandra Vargas-Tah



**Pedro Eduardo Lázaro-Mixteco.** Investigador posdoctoral del Conacyt en la Planta Piloto del Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[pedro.lazaro@umich.mx](mailto:pedro.lazaro@umich.mx)

**Ana Alejandra Vargas-Tah.** Profesora e investigadora de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

[ana.vargas@umich.mx](mailto:ana.vargas@umich.mx)

¿Qué es la bioinformática?

La informática es una disciplina científica que se usa para la representación, organización, manipulación, distribución, mantenimiento y uso de la información, particularmente en forma digital. Hay más de una interpretación de esta, y la **bioinformática es la intersección de la informática y la biología.**

El primer aspecto funcional de la bioinformática es la **representación, almacenamiento y distribución de datos**, así como el **diseño inteligente de formatos de datos y de bases de datos** para la

creación de herramientas de consulta de esas bases de datos, y para el desarrollo de interfaces de usuario que reúnen diferentes herramientas para permitir al usuario hacer preguntas complejas sobre los datos. El segundo aspecto, y lo más divertido de la bioinformática, es el desarrollar herramientas analíticas para **descubrir algún conocimiento en los datos**.

Hay muchos niveles en los que usamos la información biológica, si estamos comparando secuencias para desarrollar una hipótesis sobre la función de nuevos genes descubiertos.

### Visualización y análisis de datos e imágenes

En general, la noción de capturar ideas complejas usando imágenes es muy atractiva, ¿serían suficientes tan solo mil palabras para describir lo desconocido en un campo de investigación como las ciencias de la vida? Las **ciencias Químico-Biológicas** son uno de los mayores **generadores de enormes conjuntos de datos**, principalmente como resultado de los recientes y rápidos avances tecnológicos. Su complejidad puede hacer que estos conjuntos de datos sean **incomprensibles sin métodos bioinformáticos**, como una herramienta para la visualización, análisis y todos los propósitos a los que sirven.

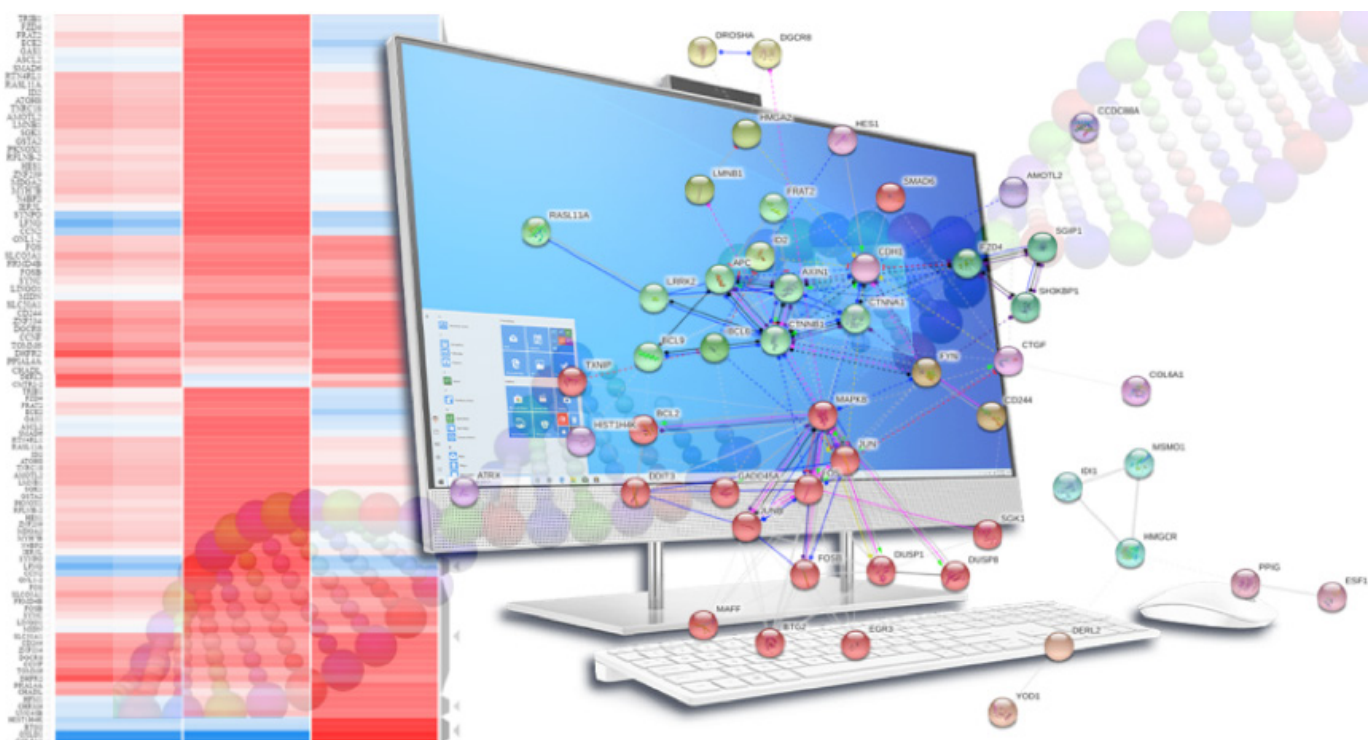
El término **bioinformática** se utiliza, principalmente, para referirse a **métodos computacionales para el análisis comparativo de datos**

**genómicos**. Sin embargo, el término se definió, originalmente, como el estudio de procesos informáticos en sistemas bióticos. El principal elemento que definió la propiedad de la vida fue el procesamiento de información en sus diversas formas, por ejemplo, acumulación de información durante la evolución, transmisión de información desde el ADN a los procesos biológicos y la interpretación de dicha información en múltiples niveles. El procesamiento de la información, entonces, podría servir como una herramienta **útil para comprender los sistemas vivos**.

Por lo tanto, con el descubrimiento del genoma apareció el juego y la manipulación de los datos, principalmente descomponiendo la complejidad de los códigos genéticos para comprender su funcionamiento, lo que ha dado lugar a una gran expansión de la bioinformática y de los algoritmos.

**Los objetivos de la bioinformática son:**

- **Profundizar en el entendimiento de los seres vivos** y sus relaciones con el entorno, partiendo desde la secuenciación del genoma de diversos organismos hasta su codificación.
- **Manejar y analizar grandes volúmenes de datos**, producto de las nuevas tecnologías en biología, química, bioquímica y biología molecular.
- **Comparar los datos de un nuevo código**, a través de un algoritmo, con la de los millones



Bioinformática. Imagen propia de autores.



de datos que se ya conocen, y así realizar, a partir de las semejanzas que se encuentran en sus códigos, nuevas inferencias.

A pesar de lo mucho que hemos aprendido en las últimas décadas, y de la rapidez con la que generamos millones de nuevos datos, aún queda mucho camino que recorrer, muchas incógnitas por resolver, muchas nuevas herramientas que descubrir y nuevas sorpresas con las que replantearnos nuestra concepción actual de la vida y su funcionamiento. Así pues, los que hacen uso de esta disciplina científica, la bioinformática, sin duda emplearán ventajosamente la gran cantidad de información que encierran los nuevos genomas por descubrirse para el bien de nuestra humanidad.

### ¿Qué hacen los bioinformáticos?

La bioinformática es una herramienta y no un fin en sí mismo. Los **bioinformáticos son los constructores de herramientas** y es fundamental que entiendan tanto de biología como de química, así como de soluciones computacionales para producir herramientas útiles. La investigación en bioinformática y biología computacional, puede abarcar desde la abstracción de las propiedades de un sistema biológico en un modelo matemático o físico, para la implementación de nuevos algoritmos para

el análisis de datos, hasta el desarrollo de bases de datos y herramientas *web* para acceder a ellos. Así, el objetivo final de los bioinformáticos analíticos es **desarrollar métodos predictivos que permitan a los científicos modelar la función y el fenotipo de un organismo**, basándose no solo en la secuencia de su genoma, sino también en la regulación de la información contenida. Este es un gran objetivo global que es abordado solo en pequeños pasos por muchos científicos trabajando juntos en todo el mundo.

### ¿Cómo impacta la informática en nuestras vidas?

La información hereditaria y funcional de un organismo se almacena como ADN, ARN y proteínas, todos los cuales son cadenas lineales compuestas de moléculas más pequeñas. Estas macromoléculas son ensambladas a partir de un alfabeto fijo de sustancias químicas bien entendidas: el **ADN se compone de cuatro desoxirribonucleótidos** (adenina, timina, citosina y guanina), el **ARN está formado por cuatro ribonucleótidos** (adenina, uracilo, citosina y guanina), y las **proteínas se sintetizan a partir de 20 aminoácidos**. Debido a que estas macromoléculas son cadenas lineales de componentes definidos, pueden representarse como secuencias de símbolos.

Estas secuencias se pueden comparar para encontrar similitudes que sugieren que las moléculas están relacionadas por forma o función. La **comparación de secuencias** es posiblemente la **herramienta computacional más útil que ha surgido**. Un bioquímico puede comparar una secuencia de ADN no caracterizada con toda la colección pública de ADN secuencias, y puede ayudarlo a obtener información sobre alguna enfermedad, detectar mutaciones, descubrir ADNs fósiles, identificar nuevas especies, controlar las cruces entre animales y descubrir las nuevas variantes del SARS-CoV-2.

### Fuente de datos para la bioinformática

Como una respuesta a las enormes cantidades de datos que se generan por las tecnologías de secuenciación de ADN, ARN y proteínas, surgieron las **bases de datos biológicos**, que se generan por el envío directo de resultados obtenidos del estudio de una gran cantidad de organismos. **Estos datos se indexan para facilitar su búsqueda, organización y optimización**. Los bioinformáticos pueden encontrar los datos biológicos en un formato legible utilizando una computadora. La primera base de datos que surgió fue el **GenBank**, la cual colecciona todas las secuencias de ADN y proteínas reportadas. Es financiado por los Institutos Nacionales de la Salud (NIH) y por el Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI). El GenBank abrió el camino y dio luz para realizar el **Proyecto de Secuenciación del Genoma Humano (HGP)**, mismo que permitió conocer la secuencia completa y el mapa genético del ser humano.

### ¿Cuál es el futuro de la bioinformática?

Después de la pandemia denominada COVID-19, provocada por el coronavirus SARS-CoV-2, la bioinformática **pasó de ser la ciencia del futuro a la ciencia del presente**. Aunque la pandemia estuvo condicionada por la disponibilidad de tecnologías, componentes y sistemas tecnológicos, la humanidad poseía un sistema de ciencia y tecnología potente como nunca la había tenido en la historia, lo que permitió obtener conocimiento científico del virus SARS-CoV-2 en mucho menos tiempo, gracias a las herramientas bioinformáticas avanzadas que controlaron mejor el curso de la enfermedad. Por lo tanto, debido a la explosión de los datos, **la bioinformática ya es indispensable en muchos campos de la medicina, agricultura, alimentación e ingenierías**.

Por tal motivo, existe una demanda de profesionales que ha puesto de manifiesto la necesidad de generar una nueva currícula de formación de bioinformáticos, tanto en universidades públicas como privadas a lo ancho de nuestro territorio.



Alvites M.A.A. (2014). Bioinformática: tecnologías de la información al servicio de la biología y otras ciencias. *Hamut' ay*, 1(2), 34-43. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v1i2.696>

Cañedo-Andalia R. y Arencibia J.R. (2004). Bioinformática: en busca de los secretos moleculares de la vida. *Acimed*, 12(6), 1-25. <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v12n6/acio2604.pdf>

Forero C.R., Dukon L.A.Y., Khenayzir C.H., et al. (2019). Integración de herramientas bioinformáticas y métodos en biología molecular para el diseño de un kit diagnóstico del COVID-19: un ejemplo de aprendizaje significativo. *Revista Mutis*, 9(2), 62-80. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.21789/22561498.1599>

Serrano-Barrera O.R. (2012). Bioinformática: una brecha en la formación en el Sistema Nacional de Salud. *Educación Médica Superior*, 26(1), 121-135. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ems13112.pdf

# ARTÍCULO

## Mucílago de nopal: Dando cobijo a otros alimentos

Irene Muratalla-Rivera y Pedro Damián Loeza-Lara



[https://www.freepik.com/free-photo/green-prickly-pear-cactus-with-thorns\\_2524334.htm#query=muc%C3%ADlago%20nopal&position=26&from\\_view=search&track=ais](https://www.freepik.com/free-photo/green-prickly-pear-cactus-with-thorns_2524334.htm#query=muc%C3%ADlago%20nopal&position=26&from_view=search&track=ais)

**Irene Muratalla-Rivera.** Estudiante de la Licenciatura en Genómica Alimentaria, Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH). Sahuayo de Morelos, Michoacán.

[irene356-@outlook.es](mailto:irene356-@outlook.es)

**Pedro Damián Loeza-Lara.** Profesor e Investigador de la Licenciatura en Genómica Alimentaria, Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH). Sahuayo de Morelos, Michoacán.

[pdloeza@ucemich.edu.mx](mailto:pdloeza@ucemich.edu.mx)

**D**espués de la cosecha, **todos los alimentos son susceptibles de sufrir daños** ocasionados por factores bióticos (por ejemplo, hongos y bacterias) y abióticos (altas o bajas temperaturas), los cuales provocan que los agro-productos entren en un proceso acelerado de podredumbre o descomposición. Lo anterior ocasiona la **pérdida de las características organolépticas** de los alimentos como sabor, color, textura y aroma, así como la **calidad nutricional**. Aunado a lo anterior, pueden presentarse **problemas financieros** para

los productores, debido a la escasa venta de las cosechas.

Lo antes expuesto, muestra claramente la importancia de la ejecución de programas de manejo de alimentos en poscosecha, que incluyan tecnologías amigables y eficientes que garanticen el mantenimiento de la calidad de los productos del campo.

### Te hablaremos del nopal como materia prima

El **nopal** (*Opuntia ficus-indica*) es una especie vegetal suculenta de la familia de las cactáceas, que crece en diversas partes del mundo, incluido México, país en el que, junto con el **mezquite** (*Prosopis laevigata*) y el **magüey** (*Agave spp.*), representan tres de las **plantas sagradas del México prehispánico**. Gracias a su amplia diversidad y abundancia, se ha utilizado ampliamente en la **gastronomía mexicana**, además de tener **usos medicinales**. Adicionalmente, en la actualidad, se han descubierto diferentes propiedades funcionales de algunos de sus componentes, por lo que, además de su importancia cultural, se ha convertido en **materia prima para la industria alimentaria, medicinal y cosmética**, por mencionar algunas.



Mucílago extraído de nopal. Imagen propia.

Entre los numerosos compuestos químicos que contiene el nopal, destaca el **mucílago**, un polisacárido formado por arabinosa, galactosa, xilosa, ramnosa y ácido galacturónico, todos monosacáridos. Algunas de las **principales «bondades»** del mucílago incluyen ser un buen **gelificante, espesante y emulsificante**, gracias a que sus cadenas de monosacáridos crean una red que le permite atrapar moléculas de agua, modificando así algunas de sus propiedades fisicoquímicas tales como elasticidad, textura, viscosidad, entre otras. Gracias a ello, se ha experimentado como componente en la formulación de **películas comestibles que preservan las características organolépticas de los alimentos**, pudiendo así alargar su vida de anaquel.

Por lo anterior, estas películas o recubrimientos comestibles podrían tener aplicaciones comerciales importantes en la conservación de alimentos en poscosecha, y de ello te hablaremos en el presente artículo.

### El mucílago de nopal como recubrimiento natural en frutos poscosecha

En la actualidad, es de suma importancia promover el uso de tecnologías que permitan extender el tiempo de vida de anaquel de los alimentos (poscosecha), es decir, que los protejan de su pronto deterioro y que, al mismo tiempo, preserven su calidad nutricional. Una de las tecnologías que ha cobrado relevancia en los últimos años, es la de los **recubrimientos naturales**, los cuales están formados por **sustancias que se colocan en la parte externa** o superficial del alimento y que pueden ser consumidos, gracias a que **se elaboran con productos no tóxicos**, lo que los hace seguros para el consumidor.

Los recubrimientos comestibles se generan a partir de materiales biológicos como proteínas, lípidos y polisacáridos diversos, ya sea solos o combinados. Uno de los polisacáridos que muestra efectos benéficos experimentales como componente de un recubrimiento es el mucílago de nopal, el cual tiene la capacidad de actuar como un **agente que retarda la pérdida de humedad**, disminuyendo así la senescencia (envejecimiento o degradación) en algunos alimentos perecederos, principalmente frutos y hortalizas. Esta propiedad se debe a que es una sustancia hidrocoloidal (se disuelve en agua y forma geles), poseen estructuras moleculares polielectrolitas (moléculas solubles en agua)

que le aportan la capacidad de absorber agua, **retardando el proceso de maduración** de los alimentos, además de que **preserva el contenido de antioxidantes**.

Ejemplo de algunos frutos perocederos en los cuales el mucílago de nopal actúa aumentando su vida de anaquel, son:

Nombre común del fruto	Nombre científico de la planta
Fresa	<i>Fragaria x ananassa</i>
Ciruela	<i>Prunus salicina</i>
Kiwi	<i>Actinidia deliciosa</i>
Higo	<i>Ficus carica</i>
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>

El mucílago está constituido por dos moléculas naturales orgánicas conocidas como amilosa y amilopectina. La primera posee la capacidad de **formar películas delgadas y rígidas**, mientras que la segunda le **proporciona mayor viscosidad**. Estas características aumentan la eficiencia del recubrimiento; sin embargo, su eficacia se puede complementar con otros compuestos como glicerol, ácido cítrico y Tween 80®, un detergente, los cuales aportan diferentes características que hacen que el recubrimiento cumpla con su objetivo. En este sentido, el **glicerol** proporciona **mayor elasticidad** al recubrimiento, lo que también se logra con la adición de **ácido cítrico**, el cual, además, funciona como **conservante y antioxidante**; mientras que el **Tween 80®** sirve como **emulsificante**.

De la misma manera, en algunos recubrimientos de mucílago de nopal se ha experimentado la incorporación de aceites esenciales con actividad antimicrobiana, por ejemplo, los que provienen de **clavo** (*Syzygium aromaticum*), **orégano** (*Origanum*

*vulgare*), **tomillo** (*Thymus* sp.), entre otros. Estos aceites contienen un alto grado de compuestos fenólicos como el timol, carvacrol y eugenol, los cuales son considerados **agentes antimicrobianos**, lo que le da un realce a la eficacia del recubrimiento.

Al momento de la obtención del mucílago de nopal, **su calidad y abundancia varían** de acuerdo con la especie, estación climática, temperatura, lluvia, edad del cladodio (tallo de cutícula gruesa, mayormente conocido como penca o nopalito) y tipo de suelo en donde se haya plantado la suculenta. Asimismo, el nopal que contiene frutos y cladodios adultos (penca) benefician la extracción de mucílago, además de que incrementan su rendimiento.

La extracción del mucílago se inicia **retirando las espinas** del cladodio y se procede a lavarla. Posteriormente, la epidermis se retira para **cortarla en pequeños fragmentos** (1 cm<sup>2</sup>, aproximadamente). Una vez realizado lo anterior, se agrega agua a los fragmentos obtenidos y **se cuecen** a una temperatura de 80 °C durante una hora. Finalmente, **se muelen** (2-5 minutos) con ayuda de una licuadora. El resultado de esta técnica es la elaboración de un extracto mucilaginoso que **se filtra** con un tamiz doméstico (coladera) y **se almacena** a 25 °C.

### El potencial del mucílago de nopal

La extensión de vida de anaquel de algunas frutas y hortalizas puede lograrse al aplicar sobre su superficie recubrimientos comestibles, como aquellos elaborados a base de mucílago de nopal. Los vegetales se preservan gracias a las estructuras moleculares características del mucílago, que le otorgan la **propiedad de retardar la pérdida de humedad en los productos hortofrutícolas** evitando su pronto deterioro. Gracias al cobijo que el mucílago les proporciona a ciertos alimentos perocederos, la industria alimentaria debería voltear la vista hacia este recurso natural para convertirlo en una **alternativa para el sector alimentario**.



Orozco E. (2017). *Elaboración y caracterización de películas de mucílago de nopal-pectina: efecto de la concentración del mucílago de nopal en las propiedades físico-químicas y mecánicas* [tesis de licenciatura]. México, Universidad Autónoma del Estado de México. <https://docplayer.es/80254388-Universidad-autonoma-del-estado-de-mexico-facultad-de-quimica.html>

Salinas V. (2014). *Caracterización de películas comestibles a base de mucílago de nopal* (*Opuntia fuscica*) y eva-

luación de su aplicación como recubrimiento comestible en ciruela (*Pronus salicina* L) para su conservación en fresco [tesis de maestría]. México, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://132.248.9.195/ptd2014/marzo/0710044/0710044.pdf>

Sepúlveda E., Sáenz C., Aliaga E. y Aceituno C. (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments*, 68, 534-545. [dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001)

# ARTÍCULO

## Rastreo de Interacciones: Novedoso método para estudiar procesos sociales

Luz Ángela Cardona-Acuña y David Iván Valdés-Munguía



<https://pixabay.com/es/photos/flechas-pirater%c3%ada-de-crecimiento-3380618/>

**Luz Ángela Cardona-Acuña.** Profesora e Investigadora del Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarios, Universidad Autónoma de Coahuila. Coahuila, México.  
[l.cardona@uadec.edu.mx](mailto:l.cardona@uadec.edu.mx)

**David Iván Valdés-Munguía.** Profesor de Asignatura, Posdoctorante de la Universidad Autónoma de Coahuila, Coahuila, México.  
[juandavidivan@gmail.com](mailto:juandavidivan@gmail.com)

**E**n este artículo te describimos una propuesta metodológica del Rastreo de Interacciones, un método inspirado del **Rastreo de Procesos**, que busca reivindicar un aspecto deliberadamente ignorado por este: el **papel de los actores y su agencia en el cambio social**.

### ¿Qué es el Rastreo de Procesos?

El Rastreo de Procesos **busca develar** la caja negra de la **causalidad** que oculta la **conexión** entre una **causa** y una **consecuencia**, encontrando



los hechos históricos que transportan la fuerza explicativa, estos mecanismos causales se entrelazan como los eslabones de una cadena causal que une todo el proceso. No obstante, esa metodología **NO considera las interacciones de las personas y sus elementos procesuales**, es decir, que no toma en cuenta la subjetividad de quienes participaron en los procesos del cambio.

Por su parte, el Rastreo de Interacciones sigue la misma lógica explicativa, pero se asume como un enfoque de corte interpretativista en el que la subjetividad y el punto de vista de los actores, juegan un papel explicativo fundamental para los cambios sociales.

### ¿Qué es el Rastreo de Interacciones?

Es una innovadora **metodología cualitativa** con una perspectiva interpretativista que se enfoca en el **análisis de las interacciones sociales** y sus elementos procesuales para explicar cambios sociales; estos elementos son los **linajes de las personas**, sus **sedimentaciones históricas** y los **récords** que las personas tienen presentes **durante sus acciones e interacciones**.

Ahora bien, **¿cuáles son sus aplicaciones, alcances y limitaciones?** Esta metodología se centra

en el estudio de las interacciones de la gente y los elementos procesuales de la vida social para explicar cambios sociales, políticos o legales. En otras palabras, estudia las interacciones de las personas, entre sí y con representantes del Estado, así como los elementos históricos que las personas traen a cuenta durante sus interacciones, por ejemplo, su pasado, valores, convicciones, experiencias, expectativas, entre otros.

Su **alcance** no es solo de carácter descriptivo, sino que es explicativo y *ex post*, o sea, que **explica los fenómenos cuando ya están finalizados**. Se desarrolla a través de la reconstrucción histórica de cómo las interacciones y los elementos procesuales de la vida social, incidieron en el cambio social, o en el mantenimiento del *status quo*.

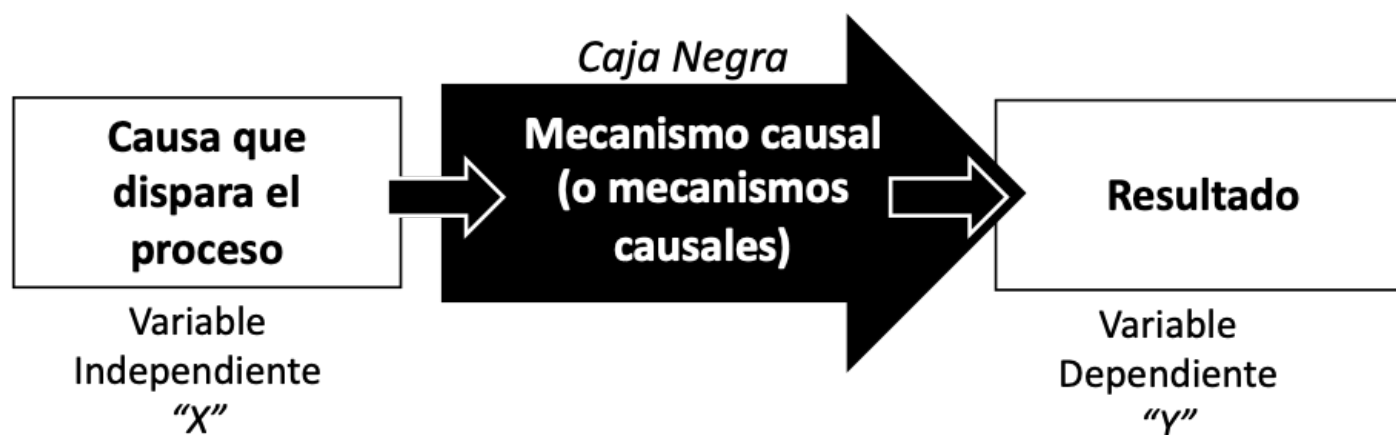
Una **limitación** que tiene el Rastreo de Interacciones es que la **explicación causal que genera es singular**, esto quiere decir que solo aplica al caso de estudio del que se trata, aunque aporta ideas analíticas generalizables que puedan viajar a otros casos. Si bien, esas ideas o categorías surgidas pueden ser utilizadas para estudiar otros casos, **la finalidad de sus hallazgos no pretende ser predictiva**, aunque la metodología sí pueda ser replicable.

El Rastreo de Interacciones observa las in-



<https://pixabay.com/es/photos/caras-social-juego-equipo-2679907/>

## Lógica Causal del Rastreo



Lógica Causal del Rastreo. Elaboración propia.

teracciones sociales, los linajes de los actores que participan en ellas, es decir, su historia personal, el impacto de las sedimentaciones históricas y la importancia de los récords o registros documentales que las personas llevan consigo y que evocan en eventos cruciales históricos para explicar cómo intervienen en los cambios sociales, siempre pensándolos en clave de procesos.

Esta metodología no solo rastrea los hechos de las interacciones, sino también el papel de las personas, entendidas como sujetos activos en los procesos y como generadores e intérpretes de sentido de su mundo vital, estas interacciones y sus elementos procesuales **son analizados históricamente** para comprender los microfundamentos del cambio social que se analice.

### El antecedente del Rastreo de Interacciones y la innovación propuesta

Esta propuesta metodológica no surge del vacío, sino que se inspira en otra metodología cualitativa, pero de corte positivista: el Rastreo de Procesos. De forma breve podemos decir que esa metodología busca **encontrar los mecanismos causales que conectan una causa con una consecuencia** o resultado de interés.

En palabras llanas, se nos ha enseñado en ciencias sociales un modelo de causalidad simple en que una causa  $X$ , que llamamos variable independiente, produce una consecuencia  $Y$ , a la que nombramos variable dependiente. Los mecanismos causales son esa conexión, la relación entre  $X$  y  $Y$ , o sea, en un esquema y de forma abstracta, son

la flechita que une la causa con el resultado. La búsqueda de esos mecanismos causales devela la «caja negra» de la causalidad, porque pretende **explicar qué es lo que sucede entre una causa y su consecuencia**, es decir, cómo es ese proceso o cadena causal.

Sin embargo, **el fuerte énfasis positivista del Rastreo de Procesos, ha dificultado su aplicación a investigaciones sociológicas** que enfatizan la experiencia, la agencia o la historicidad de los actores, o aquellas que enfatizan en las maneras en las que la interacción y la interpretación hacen parte de los procesos.

Por su parte, en el **Rastreo de Interacciones** retomamos las categorías como mecanismos, pero proponemos un entendimiento amplio de la causalidad social en el proceso, lo cual exige la **inclusión del mundo social de los actores** visto a través de su agencia y experiencia, por lo que un rastreo interpretativista de las interacciones no solo es posible, sino necesario.

Vincent Pouliot, en 2015, advirtió del riesgo de que los rastreos interpretativistas dejen igualmente insatisfechos a positivistas e interpretativistas. Pese a ello, vale la pena correr ese riesgo, lo que ciertamente **requiere un espíritu pragmático para la investigación**. La principal innovación del Rastreo de Interacciones es que pone en el centro a los **actores y su agencia**, es decir, **su capacidad de actuar**. Está interesado en comprender lo que significan sus acciones concretas en un contexto social determinado, por lo que la experiencia de las

personas, las dimensiones sociales que convergen en ella y los procesos interpretativistas, son fundamentales para el análisis.

### Mecanismos causales y causalidad singular del Rastreo de Interacciones

Este Rastreo de Interacciones analiza detalladamente el funcionamiento de los mecanismos que explican, desde la mirada de los actores, los cambios sociales. Asimismo, retoma el término *mecanismo causal* para describir los constructos analíticos que resultan del proceso de abstraer del contexto las interacciones. En otras palabras, **genera categorías** como mecanismos causales hipotéticos que unen las interacciones y sus elementos procesuales con el cambio social, mismos que **serán comprobados o desechados empíricamente** durante el análisis de tales interacciones.

Esta metodología ofrece, además, explicaciones de causalidad singular con la generación de ideas analíticamente generales y sostiene inferencias causales con base en la utilidad heurística de sus afirmaciones para una exposición sostenida por la evidencia en una narración analítica.

### ¿Causalidad singular? ¿Utilidad heurística?

La causalidad singular se refiere a que la **explicación causal** que ofrece el Rastreo de Interacciones, **solo aplica para el caso de estudio** y no se puede generalizar a otros, aunque **las categorías de análisis** que genera, **sí puedan ser útiles para estudiar otros casos**. La utilidad heurística se refiere a que las inferencias generadas se deben valorar en cuanto a su utilidad para ofrecer una exposición lógicamente argumentada y sostenida por la evidencia encontrada al momento de la explicación.

En otras palabras, la explicación ofrecida por el Rastreo de Interacciones se debe observar dentro de la lógica de la narración analítica del caso, como una explicación única que no pretende producir predicciones para casos semejantes.

### ¿Cómo se aplica el Rastreo de Interacciones?

El Rastreo de Interacciones busca identificar el punto de vista de los actores y analizarlo para comprender los microfundamentos del cambio social. De forma que, la reconstrucción del caso toma como punto de partida los eventos cruciales históricos, así como las **interacciones sociales anteriores**



<https://pixabay.com/es/photos/gente-red-3108155/>

y posteriores a dichos eventos. Esta información es recabada y analizada mediante técnicas de investigación cualitativas como el **análisis documental**, las **entrevistas** a profundidad, el **análisis del discurso**, la observación participante o la **etnografía**, entre otras.

El criterio de validez apunta al **potencial que tiene la evidencia** para dar cuenta de la experiencia de los actores y de los procesos de interpretación que tienen relevancia durante los procesos. Las técnicas de recolección y análisis de la información elegidas ayudan a exhibir los pasos interconectados y conformar una secuencia relativamente bien delineada en una narración densa del proceso que va de las interacciones (causa) al cambio social (consecuencia).

El procedimiento de aplicación del Rastreo de Interacciones **consta de cinco pasos** que, en algunas etapas, pueden desarrollarse de manera simultánea: i) **sumergirse** en el caso, el contexto y su historia; ii) **identificar** eventos cruciales del cambio que se quiere analizar; iii) **reconocer** a los actores, sus linajes y las temporalidades de su acción; iv) **construir** la narrativa histórica o secuencial del caso; y v) **analizar** las formas en las que interacciones y elementos procesuales inciden sobre el cambio analizado.

### Conclusiones sobre innovar metodológicamente

Finalmente, es importante subrayar que la propuesta del Rastreo de Interacciones obedece a la **necesidad de buscar una alternativa metodológica** pragmática a planteamientos teóricos también novedosos que exigen innovaciones para el estudio de fenómenos como el cambio social, político y legal.

El estudio del cambio legal ha permitido estimular la teoría sobre el cambio social, al mismo tiempo que planteó la posibilidad de construir una metodología de rastreo que pudiera ser aplicable a otros casos de estudio, e incluso a otros problemas sociales. Colocamos como eje de la argumentación que, durante las interacciones, se reinterpreta de forma innovadora el orden social gracias a memorias, registros individuales y colectivos del pasado que permean las expectativas sobre el futuro deseado y cómo construirlo.

Así, esta propuesta metodológica **se propone para comprender otros aspectos de la vida social** en los que se observen cambios de las formas del orden social, como pueden ser reformas institucionales, cambios en organizaciones empresariales o procesos, cambio en asociaciones sociales, etc. Por lo anterior, consideramos que el Rastreo de Interacciones **surge dentro de un campo fecundo de interrogantes** que se propone afrontar productivamente.



Arteaga N. y Cardona L.A. (2020). Sociología pragmática: interacciones, procesos y cultura. En Ligia Tavera y Nelson Arteaga (eds.). *Debatir la sociología*. México: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales <https://acortar.link/u4mCT5>

Cardona L.A. (2022). Procesos sociales asociados al cambio legal sobre diversidad sexual en Ecuador (1980-2018). *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y*

*Sociales*, 68(247), 241-265. <https://revistas.unam.mx/index.php/rmcpys/article/view/80050>

Pouliot V. (2015). Practice Tracing. En A. Bennett y J. T. Checkel (eds.), *Process Tracing: From metaphor to analytic tool*, 237-259. Cambridge University Press. [https://books.google.com.mx/books?id=gpMZBQAA-QBAJ&pg=PT7&hl=es&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=gpMZBQAA-QBAJ&pg=PT7&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false)

## ARTÍCULO

## El derecho penal social mexicano en prospectiva

Víctor Barragán-Benítez



<https://pixabay.com/es/photos/search/justicia/>

**Víctor Barragán-Benítez.** Juez de Primera Instancia en Materia Penal, Doctorante en la primera generación de Doctorado en Ciencias Jurídicas, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

**8605935a@umich.mx**

### El derecho penal liberal mexicano: Un punto de partida

La justicia penal mexicana requiere, para su comprensión, tomar en consideración cuando menos dos situaciones. La primera de **carácter histórico**, para tomar conciencia de nuestra ascendencia cultural a partir de la colonia; y, otra de tipo **geográfica actual** (realidad contemporánea) que configura una región de problemas comunes sobre incidencia delictiva, violencia e inseguridad pública con Estados Unidos de Norteamérica.

Efectivamente, la **conquista de México**, efectuada por el reino de España en el siglo XVI, es

el **punto de partida obligatorio en la comprensión** de la cultura, el lenguaje, la religión y las instituciones jurídicas. Si bien, por otra parte, deben considerarse prácticas propiamente mexicanas, sobre todo, cuando nos referimos a costumbres y tradiciones de nuestros pueblos originarios, no debe perderse de vista que la consolidación de la colonia generó un derecho de dos vías: una para **resolver los conflictos** de estos y, la otra, para **substanciar las diferencias entre la Corona y los españoles** en aquellas actividades relacionadas con la organización administrativa y política en las principales demarcaciones, con especial mención en la producción minera y agrícola. Las **Leyes de Indias** y la **Novísima Recopilación de las Leyes de España**, son la muestra de esta bipolaridad normativa para un mismo territorio colonizado.

No obstante, al finalizar la guerra de independencia en los primeros decenios del siglo XIX (1821), en México se llevaría a cabo una **batalla intelectual entre liberales y conservadores** para la consolidación de un Estado moderno, según la doctrina liberal de la ilustración europea y de Estados Unidos de Norteamérica, bajo dos paradigmas concretos: la **Revolución francesa** de 1789 y la **independencia del vecino país del Norte** en 1776. Así se desprende de la historia del constitucionalismo mexicano, expresado desde la Constitución Federal de 1824 hasta la Constitución liberal de 1857, en cuyos intervalos se advierte la **influencia institucional de cada uno de ellos** en la organización del poder, forma de

gobierno y derechos individuales dogmáticos frente al poder.

La justicia penal implementada durante la colonia y después incorporada a las legislaciones del México independiente, correspondía al momento histórico; un derecho penal diferenciado para los pueblos originarios y otro derecho según las reglas del derecho español para los nacidos en la madre patria. Pero el rasgo más sobresaliente estaría circunscrito a su **carácter ilustrado**, cuyos debates intelectuales tuvieron lugar en Europa continental e insular **bajo la tradición romano germánica** y que ya habían generado determinados principios, a saber: **estricta legalidad, ley previa, ley escrita, juicio justo**, entre otros.

Esta tendencia continuaría en México desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, hasta finales del siglo XX, para atender el **fenómeno criminal** y la violencia bajo un **perfil estrictamente liberal, humanista e individualista**, gracias a dos factores principales. Por una parte, la prevalencia de la autoridad a través de un control férreo, incluso de carácter social, expresada en dos hechos históricos, a saber, la masacre de Tlatelolco en 1968 y la guerra sucia de los 70; y, por otra parte, ante la focalización del delito en la periferia de las ciudades y zonas rurales muy bien delimitadas, favoreciendo una selección criminal efectiva.

La **justicia penal**, circulante ante las policías preventivas, agencias del ministerio público y jueces, está marcada por el **individualismo**. Los auto-





<https://pixabay.com/es/photos/search/derechos%20humanos/>

res de los delitos suelen ser de fama pública notoria, en tanto que, las ocasionales «bandas» están limitadas en número de integrantes y de recursos materiales (armas, dinero e infraestructura), favoreciendo de esta manera su control institucional.

### **La influencia de los derechos económicos, sociales y culturales en la justicia penal mexicana y la integración regional de incidencia delictiva de Norteamérica**

La internacionalización de los derechos humanos en Occidente, derivado de la posguerra y del nuevo orden político hegemónico, después del derumbe del muro de Berlín (1989), generó una nueva concepción de derecho, más allá de las fronteras de la simple positividad de la ley, e incorporó elementos de filosofía política y social para evaluar el ordenamiento jurídico. De tal manera que, la experiencia de la guerra dejó al descubierto que la simple existencia de la ley puede ser un instrumento de aniquilación de la persona y sus valores. En ese sentido, la **Declaración Universal de los Derechos Humanos** del 10 de diciembre de 1948, es la **base fundamental de un estándar mínimo de dere-**

**chos, principios y valores** que deben observar los Estados nacionales y los poderes fácticos, de lo que resulta un compromiso mayor dentro de cualquier organización política perteneciente a la comunidad internacional.

Como era de esperarse, esa declaración generaría en la comunidad internacional nuevas prácticas políticas y sociales, en favor de los ciudadanos. Conscientes de esta responsabilidad, en el seno de la Organización de las Naciones Unidas, en 1966, se generó el **Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales**, donde se incorporaron derechos de mayor calado y amplitud, salud, desarrollo, vivienda, mejores condiciones y oportunidades de vida, distribución equitativa de la riqueza, promoción y respeto a la cultura, solo por citar algunos.

Sobre esta base, los **países de Occidente con mayores condiciones económicas** hicieron patente una **política identificada con el Estado bienestar** en favor de los más necesitados, principalmente en alimentación, vivienda y salud. Aunque vale la pena citar que, como en el caso de México, esta visión estuvo presente mucho antes en el Constitu-

yente Originario, cuando se redactó la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en 1917, la cual ya había incorporado los derechos sociales, entre otros, el derecho al reparto agrario, derecho laboral y seguridad social, principalmente. No obstante, la **justicia penal** se mantuvo **reducida a la consideración de ser parte del derecho público**, instaurada en México a la luz de las orientaciones de la ilustración europea, sobre la base de los principios liberales de estricto derecho, ley previa, ley escrita, juicio previo, formalidades esenciales y culpabilidad, entre otros.

Por otra parte, **al finalizar el siglo XX**, debido a la vecindad con Estados Unidos de Norteamérica, México experimenta una incidencia delictiva y violencia sin precedentes: nuevas figuras delictivas, delincuencia organizada, trasiego de drogas, tráfico de armas y de personas, configurando una nueva región con el vecino país y una nueva dimensión de afectación de los delitos. En este sentido, el **fenómeno delictivo regional y el respeto de los derechos humanos**, coexisten como dos **realidades ambivalentes** en el México contemporáneo.

México se ha incorporado poco a poco —tardíamente— a la práctica civilizada de respeto a los derechos humanos, con acciones ejecutivas, legislativas y judiciales muy concretas. Así, por ejemplo, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, fue adherido por el Estado mexicano hasta el 23 de marzo de 1981, vigente a partir del 12 de mayo de ese año; en diciembre de 1998, México aceptó la competencia contenciosa de la **Corte Interamericana de Derechos Humanos**; el 10 de junio de 2011, se efectúa la **reforma** a

la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos **en materia de derechos humanos**, para reconocer preponderancia a su promoción, respeto e interpretación de acuerdo a los principios de indivisibilidad, *pro persona*, interdependencia y progresividad, así como la posibilidad de un control difuso; y, el 6 de junio de 2011 (cuatro días antes de la reforma en materia de derechos humanos), se **reforma la constitución en materia de juicio de amparo**, como instrumento jurídico de control constitucional por vía de acción.

En este sentido, tampoco debe ser omitida la **Declaración del Milenio** en Nueva York a principios de este siglo, que reafirma el criterio transversal en el ejercicio de las políticas públicas, con un impacto directo en las **causas generadoras del delito en los países en vías de desarrollo**, pobreza, falta de oportunidades a jóvenes, grupos vulnerables, entre otras.

#### A modo de resumen

La justicia penal en México se ha visto influenciada por los derechos económicos, sociales y culturales, después de la posguerra, a través de la comunidad internacional y su penetración en materia de derechos humanos, dejando de lado su carácter netamente individualista. Sin embargo, por otra parte, el fenómeno criminal potencializa sus efectos más allá de nuestras fronteras, cuya problemática y solución configura una región especial con Estados Unidos de Norteamérica, generando el **tránsito de una justicia penal individualista hacia una de carácter colectiva y/o comunitaria**.



Courtis C. (2021). *Manual sobre justiciabilidad de los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales*. México, Ciudad de México, Suprema Corte de Justicia de la Nación. [https://www.scjn.gob.mx/derechos-humanos/sites/default/files/Publicaciones/archivos/2022-02/Manual%20sobre%20justiciabilidad%20de%20los%20DESCA\\_Tomo%20uno%20rev.pdf](https://www.scjn.gob.mx/derechos-humanos/sites/default/files/Publicaciones/archivos/2022-02/Manual%20sobre%20justiciabilidad%20de%20los%20DESCA_Tomo%20uno%20rev.pdf)

Jiménez Díaz M.J. (2014). Sociedad del riesgo e intervención penal. *Revista Electrónica de Ciencia Penal*

y *Criminología*, 08:1-08:25. <http://criminnet.ugr.es/recpc/16/recpc16-08.pdf>

Spangenberg M. (2017). El Derecho penal del riesgo globalizado. Desafíos para un Derecho penal legítimo y transnacionalmente efectivo. *Derecho*, (15), 257-276. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/rd/n15/2393-6193-rd-15-00257.pdf>



# ARTÍCULO

## Recorrido del grano de café hasta tu taza

Juan Alberto Velázquez-Morales y Guadalupe Elizondo-Gómez



<https://pixabay.com/es/photos/caf%C3%A9-taza-de-caf%C3%A9-taza-beber-2714970/>

**Juan Alberto Velázquez-Morales.** Estudiante de la Maestría en Innovación Agroalimentaria Sustentable, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Área de Ciencia y Tecnología del Café. Veracruz, México  
[velazquez.juanalberto@colpos.mx](mailto:velazquez.juanalberto@colpos.mx)

**Guadalupe Elizondo-Gómez.** Estancia Postdoctoral por México en el Área de Ciencia y Tecnología del Café, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Veracruz, México  
[geg@colpos.mx](mailto:geg@colpos.mx)

La ingesta de café la asociamos normalmente a encuentros sociales placenteros con amigos, familiares y amores, pero también en momentos determinantes de la vida social como citas románticas, esperas de hospital, desveladas para estudiar o preparar exámenes, e inevitablemente con funerales. **Cuando tomamos café** en cierto lugar o con alguien, **hacemos un pequeño rito** que encierra en sí mismo un mundo de sabores, aromas, olores y labores, que dan a esa taza de café los atributos y momentos que encierran la ex-

perencia de ese espacio y de ese momento. Por ese motivo, escribimos este artículo con la intención de que conozcas, aprecies y valores la taza de café que degustas, con una visión y conciencia distintas.

Si tienes el privilegio de que la taza que degustas no presenta sabores atípicos, extraños o malos sabores, y que, además te gusta su aroma, amargor o acidez, entre otras cualidades, entonces es muy probable que el café que tomas se encuentra en la **categoría de café de especialidad**, el cual seguramente fue cultivado en alguna de las montañas de los **estados productores de café** de México, como Chiapas, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Guerrero, entre otros. Ahí es donde la historia comienza.

### El cultivo del café

La producción o el cultivo del café, es la **actividad primaria** que permite el crecimiento, el desarrollo y la madurez en las montañas (superiores a 900 metros de altitud y en condiciones de sombra diversificada) de los granos. Los componentes que promueven el desarrollo de sabores y de aromas

únicos durante el tostado, caracterizan el café de México y confieren **identidad a cada una de sus regiones cafetaleras**.

En México se consume mucho **café soluble elaborado a partir de café robusta**, cuyos granos se consideran de menor calidad, ya que alcanzan menor puntuación **en sus atributos sensoriales**, en comparación con el café arábigo. Sin embargo, cada vez se consume más café tostado y molido, cultivado y procesado con el esmero y trabajo de manos mexicanas que, de forma individual o colectiva, están ofreciendo al mercado cafés arábigos de alto puntaje en taza, **conocidos como cafés especiales**. El cultivo del café con atributos especiales se ve favorecido si se realiza bajo sombra, pero, sobre todo, si se cosecha en su estado óptimo de madurez y se cuidan las etapas del procesamiento post-cosecha que se describen a continuación.

### El procesamiento del fruto de café

Para que el café llegue a tu taza, tiene que pasar por una serie de procesos de selección y de



Cultivo de café bajo sombra especializada en la Región de Ixhuatlán del Café en el estado de Veracruz.

## CAFÉ CEREZA CON ELIMINACIÓN DE FLOTES

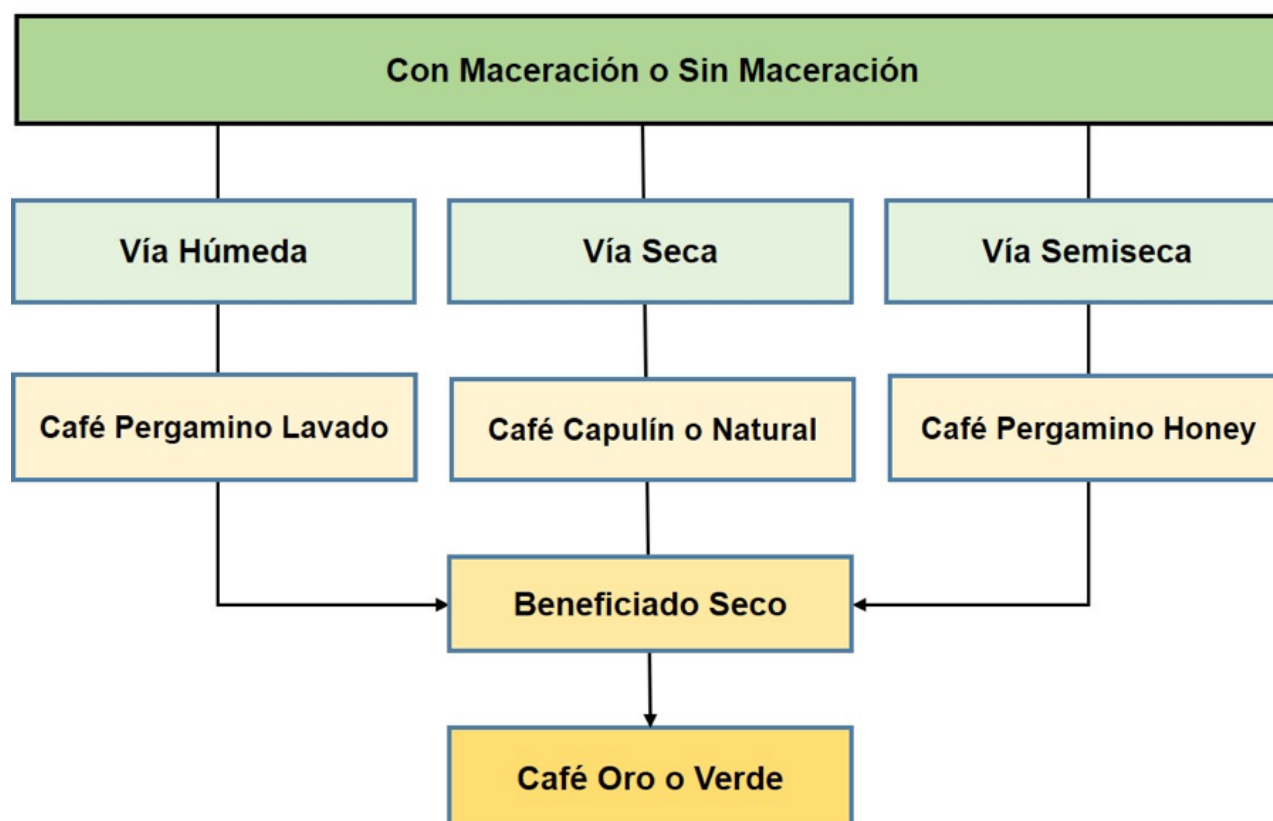


Diagrama de bloques del beneficiado de café.

transformación, que convierten al fruto de café (cereza) en un grano tostado y molido listo para ser preparado y consumido. En este apartado te platicaremos brevemente de ese proceso.

El proceso **inicia con la cosecha**, seleccionando de manera manual los frutos maduros (rojos o amarillos) del cafeto. Los granos cosechados se juntan al finalizar la jornada y se trasladan al lugar donde serán procesados. Para iniciar el procesamiento, los granos son **depositados en un harnero** muy grande, también llamado cama africana, donde de manera artesanal **se eliminan las impurezas y los frutos verdes**.

Posteriormente, los frutos **se vacían en contenedores con agua limpia** para facilitar el retiro de los que flotan, ya que seguramente estos están dañados o vanos. Los frutos que no flotan se retiran del agua y **se ponen a reposar en contenedores cerrados herméticamente por periodos de 24, 72 o más horas**, con o sin agua; a este proceso se le conoce como maceración. Después de este proceso, los frutos se sacan del contenedor y se ponen a secar para **producir los llamados cafés naturales**,

bola o capulín; o también se les puede retirar la pulpa por medios mecánicos. Los granos despulpados conservan adherida una capa gelatinosa y resbaladiza que contiene alto porcentaje de azúcares y que se conoce como mucílago, el cual puede eliminarse a través de una fermentación espontánea (cafés lavados), o dejarse pegado a los granos (**café honey**); posteriormente, **los granos son secados**. El secado puede realizarse en camas africanas, haciendo capas muy delgadas de café y moviéndolo frecuente **para evitar la proliferación de hongos**. También pueden utilizarse túneles de secado solar, secadoras mecánicas o patios.

Los granos secos, café bola o natural, pergamino lavado o pergamino *honey*, **se pueden almacenar** en condiciones normales **hasta por dos años**. Cuando se decide procesarlos, lo primero es quitarles la pulpa seca y/o la pajilla adherida (el pergamino), según sea el caso, lo cual se hace con la ayuda de morteadoras. **Cuando se quita el material que cubre a la almendra de café, se obtiene café oro** (también conocido como café verde), el cual puede estar listo para tostarse, aunque lo usual es que

entre a un proceso de selección y clasificación por tamaño, forma, peso y color. De esta selección se obtienen diversas categorías de calidad. Lo ideal es la preparación de lotes sin granos defectuosos, tales como granos negros, parcialmente negros, agrios, brocados, etc., ya que producen aromas y sabores indeseables, dañando los atributos sensoriales en taza.

#### Los atributos sensoriales en la taza

Para evaluar la riqueza y la diversidad de fragancias, aromas y sabores del café, existen profesionales llamados **catadores Q-grader**, quienes se entrenan y se certifican en los protocolos de catación de la **Asociación Americana de Cafés de Especialidad** (SCAA, por sus siglas en inglés), para dar una calificación a las cualidades organolépticas de la bebida. Además de tener **habilidades sensoriales bien desarrolladas**, como olfato y gusto, también deben tener **conocimientos básicos sobre cafecultura**, análisis físico del grano verde y sobre el proceso de tostado del grano, que es la etapa donde se desarrollan los aromas y los sabores que caracterizan al café.

Para **evaluar sensorialmente** una muestra de café **se utilizan cinco tazas**, con una relación café:agua de 5.5 g:100 mL de agua. El café generalmente se tuesta el día anterior a la catación, **utilizando un grado de tueste claro**, debido a que los tuestes más oscuros producen sustancias amargas (del tipo de la pirazinas) que enmascaran o dificultan la apreciación de algunos atributos del café, especialmente la acidez. El día de la catación, los atributos que evalúa la catadora o el catador son: **fragancia** (en seco) y **aroma** (con agua caliente adicionada), **sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, dulzura, taza limpia y apreciación general**. Cada atributo puede alcanzar una calificación hasta de 10 puntos, al sumar los puntajes de los 10 atributos, una muestra puede alcanzar hasta 100 puntos. Se dice que **un café puede considerarse como café de especialidad si alcanza al menos 80 puntos**, y no presenta defectos serios en taza (de los conocidos como defectos primarios o del tipo 1), los cuales dañan sensiblemente alguno o más de los atributos sensoriales.



Realizando la evaluación sensorial de una muestra de café.

En el mundo del café existe otro profesional importante: el **barista**, quien **se especializa en la preparación de bebidas que tienen como base el extracto de café**, conocido como espresso, creando mezclas de orígenes, grados de tueste, variedades, etc., para lograr los aromas y sabores que deleiten a sus clientes. Los baristas **tienen la responsabilidad de resaltar los atributos** que, los diferentes orígenes y microambientes donde se cultiva el café, confieren a un lote de café particular, para ello disponen de un conjunto de métodos de extracción y de técnicas de preparación de la bebida.

### Los métodos de preparación de la bebida

A lo largo de los años, y en las diferentes culturas donde es tradicional el consumo de café, se han desarrollado diferentes métodos y formas de preparar una taza de esta bebida. En México, es tradición la preparación del «**café de olla**», donde el agua se pone a hervir en un jarro de barro, se le disuelve piloncillo al gusto y un poco de canela, cuando está hirviendo se baja la flama y se le agrega café tostado y molido, apagando enseguida la flama para evitar que se derrame la bebida. En la actualidad, es fácil encontrar otros métodos de preparación, principalmente en las barras y cafeterías de especialidad donde, aparte de las **máquinas**

**de espresso**, podemos encontrar algunos métodos de extracción de los sólidos solubles, tales como: los **sifones**, los equipos de «**cold brew**», la **V6o**, la **chemex**, entre otros. A nivel doméstico son comunes: la **prensa francesa**, la **cafetera italiana** y la **cafetera de goteo**. A nivel oficina es fácil encontrar las cafeteras de goteo y las percoladoras. Cada uno de estos métodos produce una taza particular, aún con café del mismo origen.

**A usted: ¿Cuál le agrada más?**



Fierro C.N., Contreras O.A., González R.O., Rosas M.E.S. y Morales R.V. (2018). Caracterización física y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.). *AgroProductividad*, 11(4), 9-13. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/261/192>

Morales R.V., Escamilla P.E., Manrubio M.R., Velázquez M.J.A., Spinoso C.J.L. (2021). *Perfiles de calidad*

*del café de México*. México: Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados. <https://vicmor.net/pdf/Perfiles.pdf>

Osorio V. (2021). La calidad del Café. En *Centro Nacional de Investigaciones de Café, Guía más agronomía, más productividad, más calidad* (3a ed., pp. 219-234). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0014\\_12](https://doi.org/10.38141/10791/0014_12)

# ARTÍCULO

## Lo que no mata, engorda: La resistencia de las plagas a los insecticidas

Saúl Pardo-Melgarejo, J. Concepción Rodríguez-Maciel y Samuel Pineda-Guillermo



<https://pixabay.com/es/photos/search/insecticidas/>

**Saúl Pardo-Melgarejo.** Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias en Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Investigador Agrícola en el INIFAP-CIRPAC, Campo Experimental, Valle de Apatzingán, Michoacán.  
[saulpardo805@gmail.com](mailto:saulpardo805@gmail.com)

**J. Concepción Rodríguez-Maciel.** Profesor-Investigador Titular, Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.  
[concho@colpos.mx](mailto:concho@colpos.mx)

**Samuel Pineda-Guillermo.** Profesor-Investigador, Laboratorio de Entomología Agrícola, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.  
[samuel.pineda@umich.mx](mailto:samuel.pineda@umich.mx)

Cuando las personas escuchan la palabra *resistencia*, pueden percibir cosas diferentes. Para algunos, este término se refiere a la capacidad de soportar lo agotador que puede resultar participar en un evento deportivo. Otros podrían pensar en un concepto relacionado con aguantar las dificultades de la vida. Sin embargo, en este artículo nos vamos a referir a la resistencia de las plagas a los plaguicidas, explicándoles cómo surgen y se diseminan las impresionantes capacidades de las

plagas para desarrollar resistencia a insecticidas, sus efectos adversos en el ambiente y en nuestra salud. Expondremos las medidas que el agricultor debe ejecutar para prevenir o mitigar las consecuencias de este fenómeno evolutivo.

### La resistencia a insecticidas

Hay un dicho popular que dice «Lo que no mata, engorda». Este dicho hace alusión al hecho de que, si alguna persona consume o ingiere algún alimento de dudosa calidad o procedencia y no le causa ningún daño, entonces fortalece su cuerpo. Cuando una plaga ya no es controlada con aplicaciones correctas de plaguicidas, es de suponer que ha desarrollado resistencia a esos insecticidas. El fenómeno de resistencia se define como **«la falta de control en campo de una población a la dosis originalmente efectiva debido a la selección de caracteres genéticos heredables»**.

Melander, de la Estación Experimental Agrícola de Washington, publicó en **1914 el primer caso de resistencia a insecticidas**. Los revisores consideraron que el título de su manuscrito debía modificarse, de lo contrario no lo publicarían, pues no existía evidencia alguna de que una plaga fuera capaz de desarrollar resistencia a insecticidas. Es la razón por la cual su trabajo se publicó con el título *¿Pueden los insectos volverse resistentes a las aspersiones?* Ahí se presentaron las evidencias objetivas de que la escama de San José, causada por *Quadraspidotus perniciosus* (Comstock), ya no podía ser controlada por el sulfuro de calcio; la dosis comercial solo eliminaba el 10 % de esa plaga. **Esta fue la primera alerta sobre la existencia de capacidades**

**extraordinarias en las plagas para sobrevivir a aspersiones altamente tóxicas**. Actualmente, según la base mundial de datos sobre casos de resistencia a insecticidas en condiciones de campo que tiene la Universidad Estatal de Michigan, Estados Unidos, **en todo el mundo existen 17 861 reportes de resistencia a diversos insecticidas** en 628 especies de artrópodos plaga.

### Pero, ¿cómo una población de organismos desarrolla resistencia?

En el ADN de los organismos están «escritas» las características genéticas del individuo. Para fortuna de la existencia de la vida en la tierra, **el ADN no es estático**, pues **experimenta mutaciones** que son fuente original de la variación genética **que permite a los seres vivos hacer frente a las fuerzas de la selección natural**. Existen mutaciones que le permiten al organismo llevar una vida «normal», **a pesar de que el agricultor aplique una dosis de plaguicida** que mata a aquellos que no poseen esa ventaja. En subsecuentes generaciones sometidas a las aplicaciones de estos agroquímicos, irán aumentando la frecuencia de individuos resistentes hasta que se hace evidente, ya que la población es *resistente*. Sin necesidad de hacer evaluaciones, el productor sin ambigüedad observa que el avance implacable de la plaga devasta al cultivo. Pero ya es tarde para remediar el problema. Por ejemplo, el acaricida bifenazate, que se recomienda a dosis de 1.0 kg/ha, no puede matar a algunos individuos que, en condiciones de laboratorio, reciben el equivalente de 100 kg/ha. Nadie en su sano juicio podría aplicar dicha cantidad, pero deja de manifiesto



<https://pixabay.com/es/photos/langostas-enjambre-prado-insectos-5952699/>



<https://pixabay.com/es/photos/insectos-las-plagas-jard%C3%ADn-4718812/>

la impresionante capacidad que tienen para vivir y reproducirse aún en presencia de aplicaciones de agroquímicos.

### Consecuencia de la resistencia de las plagas a los plaguicidas

«En la ignorancia sobre el combate químico descansa el uso irracional de insecticidas». Esta frase es del segundo autor de este artículo, y hace alusión a que los principales problemas del desarrollo de resistencia en una especie plaga, se debe al uso desmedido de los insecticidas que conllevan a la incapacidad de mantener a las plagas a una densidad tolerable.

La **resistencia a insecticidas es un fenómeno evolutivo que nos preocupa a todos**: agricultores, jornaleros y sociedad en general. Al agricultor le cuesta mucho dinero «controlar» plagas resistentes a insecticidas. En México, se han tenido amargas experiencias al no poder controlar las plagas resistentes debido a que el dinero ya no alcanzó. Esos fueron los casos de la **desaparición del algodón en Apatzingán, Michoacán y en Tapachula, Chia-**

**pas**. Por este problema, la superficie sembrada de algodón en el norte de Tamaulipas pasó de 450 000 ha a tan solo 200 ha. Dichas zonas agrícolas, que habían ocupado muchos jornales, se empobrecieron por falta de fuentes de empleo.

En los últimos años, a consecuencia de la pandemia que ocasionó el coronavirus, el aumento de precio en todos los productos fue significativo, y los productos químicos no fueron la excepción, aun más, por el hecho de que son obtenidos del extranjero. Si un productor gastaba 10 pesos para controlar a una plaga, a consecuencia de la baja eficiencia por la resistencia al insecticida y la preocupación por controlarlo, se incrementaba a 20 pesos, pero esos 20 pesos en los últimos dos años incrementaron a 60 pesos, amenazando la rentabilidad del cultivo.

**Enfrentarse a plagas resistentes incrementa el riesgo a la salud de las personas que aplican los plaguicidas**; los jornaleros deben ingresar a los campos de cultivo a realizar sus actividades normales. En ese proceso, su cuerpo entra en contacto con el follaje tratado con dosis de agroquímicos



mucho más altas de las recomendadas. Tanto los que aplican los productos químicos, como el resto de jornaleros, **regresan a sus casas «cubiertos» de residuos tóxicos**. Así como llegan, abrazan a sus hijos, cargan a sus bebés, exponiéndolos a un peligro mayor, pues son menores de edad que aún no tienen su sistema inmune desarrollado. La exposición a plaguicidas en las mujeres lactantes, también puede exponer a los bebés a sustancias tóxicas vía ingestión de leche materna.

No existe un sistema de vigilancia que alerte de la presencia de residuos peligrosos de los alimentos que vienen del campo. **Las personas que preparan los alimentos generalmente los lavan antes de cocinarlos**, pero en su mente está eliminar la suciedad propia de la exposición al ambiente durante el transporte y el proceso de venta al consumidor. En consecuencia, **no se siguen las recomendaciones para que el lavado elimine los residuos de plaguicidas**. Los bebés, niños, ancianos y personas inmunocomprometidas, tienen más riesgo de sufrir las consecuencias como leucemia, envejecimiento prematuro, reducción de la cantidad y calidad de los espermias, entre otros.

Este problema también genera efectos adversos al ambiente, pues **se incrementa el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua y de mortalidad de organismos no blanco como los polinizadores**. La vida tal como la conocemos no sería posible sin la existencia y participación de los polinizadores, pero los plaguicidas están diezmando sus poblaciones. A pesar de esta extensa lista de daños

causados por los insecticidas químicos, su producción global incrementó 11 % por año desde 1950, alcanzando 5 millones de toneladas en el 2000.

### ¿Existen soluciones a la resistencia de las plagas a los plaguicidas?

La mejor forma de prevención del fenómeno de la resistencia en los organismos plaga consiste en usar el **Manejo Integrado de Plagas (MIP)**, que incluye esquemas de manejo de la resistencia como la rotación de productos que no sean afectados por los mismos mecanismos de resistencia y no aplicar más de dos veces por temporada, agroquímicos que tengan el mismo modo de acción y evitar el uso de plaguicidas de amplio espectro. El MIP **se apoya en todas las alternativas que pueden integrarse en un escenario económico, social y cultural como el combate químico, control biológico, control cultural, control etológico, control mecánico**.

En México, los investigadores del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, y del Colegio de Posgraduados, realizan diversas investigaciones enfocadas a prevenir, mitigar o revertir el fenómeno de la resistencia de los artrópodos plaga. Por ejemplo, para el psílido asiático de los cítricos, una de las plagas más importantes de la citricultura mundial, estas instituciones han desarrollado pruebas de diagnóstico de resistencia que duran tan solo 30 minutos y no 30 días como se ha hecho en el mundo.



Brechelt A. (2004). El manejo ecológico de plagas y enfermedades. *Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). RD.* [https://www.academia.edu/39859054/El\\_Manejo\\_Ecológico\\_de\\_Plagas\\_y\\_Enfermedades?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover\\_page](https://www.academia.edu/39859054/El_Manejo_Ecológico_de_Plagas_y_Enfermedades?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page)

Lagunes-Tejeda Á., Rodríguez-Maciél J.C., Loeira-Barocio D. y Juan C. (2009). Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de Mé-

xico. *Agrociencia*, 43(2), 173-196. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952009000200009](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000200009)

Koç N., İnak E., Nalbantoğlu S., Alpkent Y.N., Dermauw W. y Van Leeuwen T. (2022). Biochemical and molecular mechanisms of acaricide resistance in *Dermanyssus gallinae* populations from Turkey. *Pesticide biochemistry and physiology*, 180, 104985. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357521002169?via%3Dihub>

# TECNOLOGÍA

## Diseño de fármacos antiepilépticos asistido por computadora

Beatriz Hernández-Estrada y Giovanni Aguilera-Durán



<https://pixabay.com/es/photos/mano-tabletas-c3a1psulas-salud-3632914/>

**Beatriz Hernández-Estrada.** Estudiante de la Maestría en Ciencias Químico-Biológicas, Laboratorio de Diseño Asistido por Computadora y Síntesis de Fármacos, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.  
[bhernandez71@alumnos.uaq.mx](mailto:bhernandez71@alumnos.uaq.mx)

**Giovanni Aguilera Durán.** Docente de asignatura, Universidad del Valle de México.  
[giovanny\\_aguilera@my.uvm.edu.mx](mailto:giovanny_aguilera@my.uvm.edu.mx)

### ¿Sabes qué es la epilepsia?

**E**xisten aproximadamente 50 millones de personas en todo el mundo que padecen epilepsia, teniendo registros de **casos que se remontan al 4 000 a. C.**, pero ¿Sabes qué es la epilepsia? Es uno de los trastornos neurológicos más comunes, que se debe a un **desequilibrio entre los procesos inhibitorios y excitatorios de la actividad neuronal**, el cual está caracterizado por una actividad neuronal anormal excesiva y sincronizada, en donde existen unas series de **descargas eléctricas anormales** en un grupo de células cerebrales,

lo que lleva a que las personas presenten convulsiones.

Las personas que la padecen, tienen una serie de signos y síntomas consecuentes de la enfermedad, las cuales varían de acuerdo al tipo de epilepsia que presentan. La Liga Internacional contra la Epilepsia (ILAE), ha clasificado la epilepsia de acuerdo con la zona de origen de la convulsión: **focal**, generándose en un hemisferio del cerebro; y **generalizado**, en ambos hemisferios o de origen desconocido. Entre los **síntomas que pueden presentar**, a parte de las **convulsiones**, son **movimientos involuntarios, pérdida de la consciencia, trastornos metabólicos y alteración en la percepción**.

Aproximadamente, el **10 % de las personas presentan una convulsión a lo largo de su vida**; sin embargo, esto no quiere decir que tengan epilepsia, ya que, para que se considere así, deben presentarse dos o más convulsiones no provocadas. La prevalencia entre países varía; se estima que, en países de ingresos altos, cada año se diagnostican 49 de cada cien mil, y en países de ingresos medios a bajos, la cifra aumenta a 139 por cien mil habitantes. Cerca del **80 % de los pacientes con epilepsia**, se encuentran en **regiones de África subsahariana y América Latina**, esto podría deberse a el mayor riesgo de enfermedades infecciosas, traumatismos craneales, lesiones durante el parto o factores genéticos relacionados con la zona geográfica. En 2016 se registraron 126 055 muertes por epilepsia en México, y produjo 13.5 millones de DALYs (años de vida de discapacidad ajustados) perdidos en el mundo, ya que existe un **riesgo tres veces mayor de muerte prematura** en personas con epilepsia, que en la población en general.

Debido a la frecuencia de las crisis y su sintomatología, es una enfermedad devastadora no solo para la persona que la padece, sino también para su entorno social. Existe una **discriminación y estigma social** que ha rodeado a los pacientes, lo cual **perjudica su calidad de vida**. Esta enfermedad también está asociada a una mayor incidencia en diferentes alteraciones psiquiátricas como lo son ansiedad, depresión, problemas de aprendizaje y problemas de memoria. Aunque sea una enfermedad tratable, **requiere un tratamiento de por vida**, ya sea de uno o más medicamentos y, en ocasiones, requiere de cirugía.

### ¿Antiepilépticos o anticonvulsivos?

Existen cerca de 25 fármacos aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) para el tratamiento de la epilepsia. Los fármacos **anti-convulsivos** son puramente sintomáticos, lo que quiere decir que no ejercen una acción preventiva de la enfermedad y solo pueden ayudar a **controlar las convulsiones**; por otro lado, los **antiepilépticos** ejercen su efecto **evitando el inicio o propagación de la convulsión**. Adicionalmente, la mayoría de los fármacos existentes no tienen un único mecanismo de acción, por lo que no son tan específicos y en algunos casos no está completamente claro cómo es que actúan en el cuerpo. Cerca del **30 % de los pacientes no consiguen un tratamiento adecuado** con los fármacos existentes, y un gran porcentaje necesitan más de un fármaco para conseguir un buen tratamiento y una buena calidad de vida.

### Diseño de fármacos asistido por computadora en la industria

El descubrimiento y el desarrollo de fármacos es un proceso largo y costoso, en donde las indus-





trías farmacéuticas deben identificar compuestos que se unan a un blanco terapéutico o que muestren actividad biológica, por lo que cada año se invierten grandes cantidades de dinero para llevar a cabo este proceso. El proceso inicia con la **investigación a profundidad de la enfermedad** y sus posibles causas, para así identificar una o varias dianas moleculares asociadas a ella. Posteriormente, se **identifican compuestos activos** que interactúen con esta diana, los denominados compuestos líderes (*lead compound*), y se lleva a cabo la **optimización de su actividad biológica** por medio de ensayos *in vitro* (en líneas celulares y/o proteínas aisladas) y, después de varias evaluaciones, se prosigue a hacer **ensayos *in vivo*** (en animales).

Cuando pasan estas pruebas, se llevan a la etapa de desarrollo clínico en donde la **fase I** consta de estudios relacionados a evaluar su farmacocinética, tolerancia y efectos secundarios en personas voluntarias. En la **fase II** se llevan a cabo ensayos a pequeña escala para evaluar la eficacia y estudios toxicológicos a largo plazo. La **fase III**, y última, consta de ensayos a gran escala. Los compuestos que logran pasar esta serie de pruebas, son aproba-

dos para su uso clínico por los agentes regulatorios correspondientes, como lo son, en el caso de México, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la FDA por Estados Unidos.

La mayoría de los compuestos que tienen actividad biológica fallan las evaluaciones posteriores, debido a que no tienen propiedades farmacocinéticas favorables, como lo son solubilidad, toxicidad, distribución, entre otras. Se estima que solo una de cada nueve mil moléculas con actividad biológica, llega a producción para uso clínico. **El tiempo estimado de desarrollo y producción de un fármaco es de aproximadamente 15 años**, en donde el costo se acerca a los 800 millones de dólares.

Debido a los problemas que enfrenta la industria farmacéutica en relación con el tiempo y los costos de producción, se han implementado **estrategias que aprovechan los métodos computacionales** que tenemos en la actualidad para identificar y optimizar nuevos compuestos activos o fármacos ya existentes. Esto ayuda a disminuir los ensayos biológicos, aunque **ningún ensayo computacional puede reemplazar los ensayos experimentales**.

Las herramientas computacionales han venido a proporcionar un panorama más amplio para el diseño de fármacos, puesto que permiten el análisis de moléculas de interés biológico acortando tiempos; debido a esto, se ha convertido en parte integral tanto en la investigación académica como en la industria farmacéutica.

Entre estas herramientas se encuentra el **modelado por homología**, una técnica que permite modelar, simular y predecir la **conformación tridimensional de una proteína**, cuya estructura aún no ha sido reportada, basándose en su secuencia primaria, a partir de la hipótesis de que moléculas similares tienen propiedades similares, por lo que se usan estructuras conocidas de proteínas cristalizadas como base.

El **acoplamiento molecular** es otra técnica comúnmente usada en donde se predicen diferentes **conformaciones y posiciones** para encontrar la óptima, en la interacción de ligando-proteína o proteína-proteína. Para esta técnica, primero se predicen todas las conformaciones estructurales posibles que el ligando puede tener dentro de un sitio de interés, posteriormente, se califica la unión de cada conformación obtenida previamente, con la finalidad de poder discernir entre las moléculas con más alto puntaje, que serían las mejores, y así poder considerar ese compuesto como un *lead compound*.

Las **simulaciones de dinámica molecular** es otra técnica utilizada para analizar el **comportamiento o evolución de un sistema a través del tiempo**, y se utiliza para la investigación de ácidos nucleicos, lípidos y proteínas, con la finalidad de saber las propiedades fisicoquímicas del sistema y poder medir la fuerza de interacción entre posibles fármacos y sus receptores o dianas biológicas.

### Epilepsia y el desarrollo de nuevos fármacos

En años recientes, se ha manifestado que tratar la epilepsia con los fármacos antiepilépticos actuales no es suficiente, ya que no controlan de manera óptima las crisis y no trata las comorbilidades que los pacientes presentan, por lo que la **búsqueda de nuevos fármacos** con nuevos mecanismos de acción que pudieran ser **más efectivos** y con un perfil de efectos secundarios más tolerable, **es la estrategia que se busca actualmente**.

Las técnicas han abierto un panorama en la búsqueda de fármacos para la epilepsia, en donde se utilizan fármacos aprobados para su uso con la finalidad de optimizarlos o generar moléculas nuevas que tengan una base o estructura similar a los que existen, pero con mejores propiedades. Aunque se han dado avances importantes en el desarrollo de fármacos, aún queda un gran camino por recorrer.



Noriega-Morales G., Shkurovich-Bialik P. (2020). Situación de la epilepsia en México y América Latina. *Anales Médicos Asoc. Médica Cent. Médico ABC*, (65), 224-232. <https://www.medigraphic.com/pdfs/abc/bc-2020/bc203i.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2022). *Epilepsy*. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy>

Saldívar-González F., Prieto-Martínez F.D., Medina-Franco J.L. (2017). Descubrimiento y desarrollo de fármacos: un enfoque computacional. *Educación Química*, 28(1), 51-58. <https://s4f305746dda05434.jimcontent.com/download/version/1580246766/module/10938070391/name/1-s2.0-S0187893X16300301-main.pdf>

# UNA PROBADA DE CIENCIA

*La violencia, qué la genera y qué la previene*

Cecilia Martínez Gómez



**D. en D. Cecilia Martínez Gómez.** Doctora en Derecho, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

**Email** [c3ci90@gmail.com](mailto:c3ci90@gmail.com)

**F**eggy Ostrosky, autora de la obra que a continuación reseñamos, es doctora en Trastornos de la Comunicación por la Universidad Northwestern (Evanston, Illinois) y doctora en Biomedicina por la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha realizado investigaciones psicofisiológicas y neuropsicológicas del lenguaje oral y escrito, de la memoria, la violencia y de los cambios asociados al envejecimiento normal y patológico.

Ha publicado 29 libros, 6 pruebas neuropsicológicas, además de 320 artículos y capítulos

científicos. Ha recibido varios premios, entre ellos, el Premio Nacional de Investigación en Psicología. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores Nivel III y, actualmente, es profesora de tiempo completo y directora del Laboratorio de Neuropsicología y Psicofisiología de la Facultad de Psicología de la UNAM.

Su obra, *La violencia, qué la genera y qué la previene*, consta de 248 páginas más sus referencias bibliográficas y hemerográficas. En el texto, la autora plantea los cambios que suceden en el cerebro cuando ocurre la agresión entre las personas, los cambios químicos, así como los tipos de personalidades que son más propensas a ser violentas. Algunas de las muchas preguntas que se plantea (refiriéndose a las conductas agresivas para los demás y para sí mismos) son: ¿Cómo fue que se desarrolló esta personalidad? ¿Existen regiones específicas en el cerebro que causan esta alteración? (Feggy, 2023, p. 14).

Uno de los objetivos de la autora es identificar si la maldad se encuentra en las estructuras cerebrales de algunas personas desde el nacimiento, lo que condicionaría su destino violento o podrían ser libres de elegir entre las decisiones buenas y las negativas. Para ello, se basa en investigaciones sobre

la personalidad psicopática, lo que desarrolla a lo largo de la obra.

Las conductas que la sociedad considera nocivas son estudiadas por la neurociencia, y la violencia es una conducta que es socialmente inaceptable. Al respecto, la autora señala: «la violencia puede observarse a lo largo de la historia de la humanidad, pero actualmente se ha incrementado de manera exponencial» (Feggy, 2023, p. 20). Por esta razón, la obra se torna relevante, ya que, además de la violencia que se vive por el entorno, también se tiene el conocimiento del creciente número de parejas que viven en un estrés continuo, lo que puede generar efectos negativos porque lastima la salud física y psicológica de las personas que sufren este tipo de conductas de un agresor. Y para identificar si nosotros vivimos violencia, la autora incluye cuestionarios que son de utilidad al lector.

En la UNAM, se han desarrollado instrumentos neuropsicológicos de diagnóstico y de rehabilitación, entre ellos una Batería Neuropsicológica Breve en Español (NEUROPSI) que evalúa diversas funciones como las cognitivas, la orientación, la atención, la concentración, el lenguaje, la memoria, las habilidades visoperceptuales y las funciones ejecutivas. Dicha prueba fue aplicada a 1 614 suje-





Imagen de Sarah Richter en Pixabay

tos en grupos de edades entre los 16-30 años, 31-50 años, 51-65 años y 66-85 años, con diversos niveles de escolaridad (desde 1 año hasta más de 10 años). Esta prueba se aplicó a personalidades multihomicidas, como Juana Barraza Samperio (la mataviejitas) y Andrés Filomeno Mendoza (el caníbal de Atizapán), recordemos que Mendoza fue detenido por haber matado a más de treinta mujeres, y es definido por la autora como un «asesino psicópata con claras desviaciones sexuales» (Feggy, 2023, pp. 12, 43).

Lo que destaca a estas personalidades psicópatas son rasgos conductuales, trastornos que les impiden presentar sentimientos de culpa e incapacidad de vincularse con las personas de manera empática. Estos rasgos se pueden identificar desde los tres años de edad, aunque hay debate en este punto respecto a la manera de identificarlos y las definiciones de la psicopatía.

La autora también considera que existen factores como las alteraciones genéticas y ambientales que propician las personalidades «explosivas, irritables y con poca tolerancia a la frustración [...]

cuando los factores genético y medioambiental están presentes en un mismo individuo, pueden surgir personalidades peligrosas y violentas, incluidos asesinos y multihomicidas» (Feggy, 2023, p. 69).

Un rasgo que caracteriza a la sociedad es la empatía, la cual permite ayudar a los demás y «sentir lo que el otro siente», a la vez que ayuda a mantener una actitud de comprensión, asistencia y protección entre las personas; no obstante, este rasgo se ve afectado en las personas psicópatas que no «sienten» remordimiento ni sentimientos por el sufrimiento de las demás personas, por lo que es objeto de estudio en la obra, ya que hay personalidades con rasgos psicópatas que han tenido un éxito laboral y que son identificados por sus acciones, tal es el caso de Bernie Madoff «El mayor estafador de la historia», Rafael Olvera Amezcua que realizó fraudes en México, Donald Trump empresario y expresidente de EE. UU., Vladimir Putin, primer ministro y presidente de la Federación de Rusia.

La violencia es una conducta aprendida por el entorno en donde vivimos y se replica si no hay una enseñanza apropiada; la autora considera que



empieza «dentro de la propia familia. Sin acceso a una educación adecuada; atestiguando, y muchas veces padeciendo en carne propia la agresión, en forma de golpes e insultos, estos jóvenes aprenden a odiar y a reproducir los mismos patrones» (Feggy, 2023, p. 165).

Ahora bien, estas conductas tienen solución si se atienden a tiempo, lo cual evitaría que los niños, niñas y adolescentes que crecieron con conductas agresivas, tengan un destino doloroso, ya sea porque son víctimas nuevamente o victimarios que lastiman a las personas más cercanas. En este sentido, la autora sugiere en el libro los modelos de intervención más utilizados.

Para atender a los niños, niñas y adolescentes, la autora considera que existen una variedad

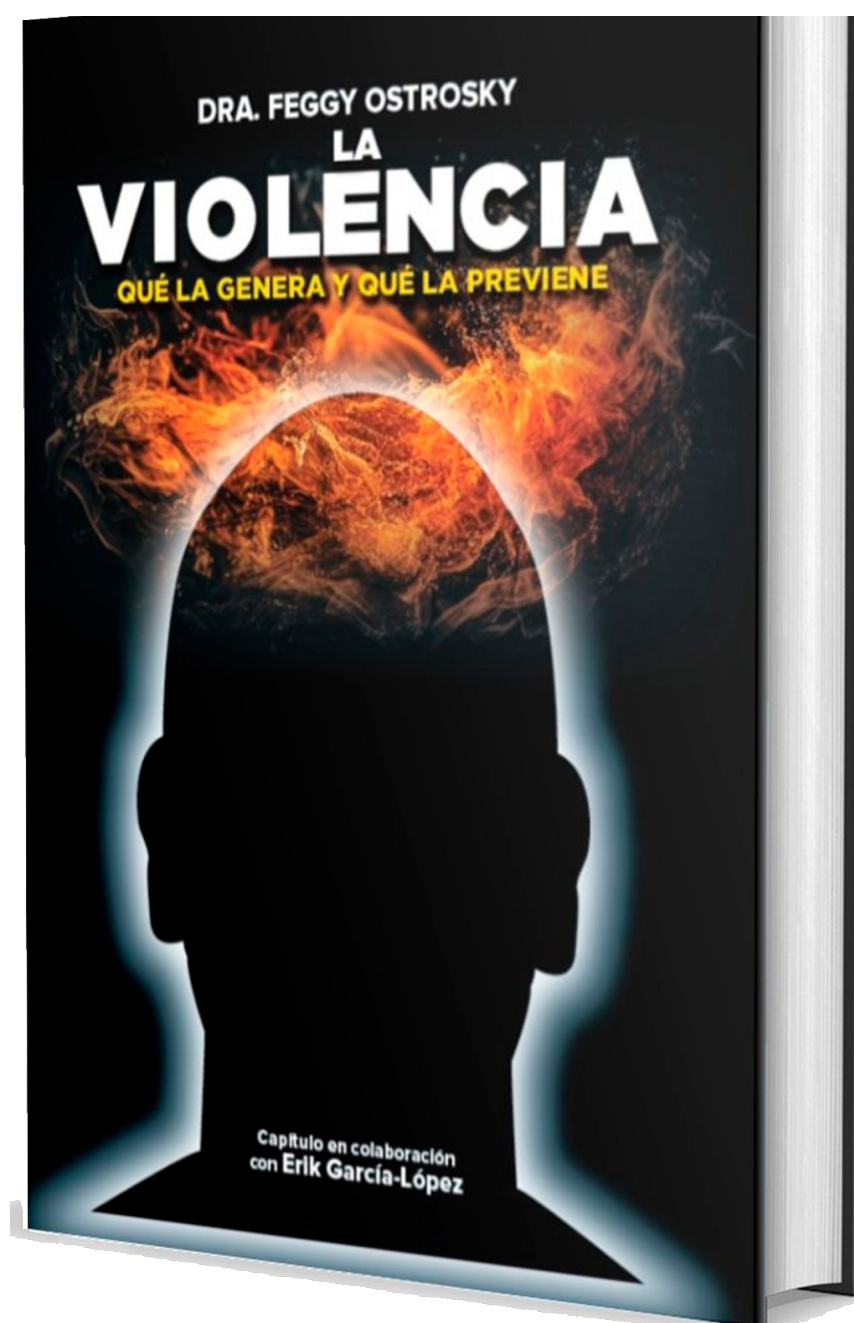
más amplia, como la psicoterapia, la psicoeducación, la terapia cognitivo-conductual, la terapia familiar, los psicofármacos y la psicodinámica y terapias eclécticas (uso de juegos), pues considera que, si bien es importante atender a los adultos, en los niños se estaría disminuyendo el riesgo de que repliquen conductas y se enfermen de algún tipo de trastorno como la ansiedad, la depresión, el estrés postraumático, las conductas antisociales, e incluso las estudiadas por la autora como es la psicopática.

Considero que el libro, *La violencia, qué la genera y qué la previene*, tiene un lenguaje sencillo de comprender y mantiene una seriedad en cuanto a la información científica que maneja con respecto a este tema de la violencia, el cual ha sido comple-

jo de tratar para las ciencias médicas y jurídicas. Sin embargo, si se trabaja en conjunto con especialistas y familiares, se lograría reducir el número de personas con trastornos que afectan a la sociedad.

Finalmente, puede ser una obra necesaria para los/as psicólogos/as en el estudio del comportamiento humano y también para los/as operadores de justicia en distintas áreas, como en las materias: familiar, penal, laboral, entre otras, que sancionan casos en los que se debe, obligadamente, evaluar la posibilidad de proporcionar una reparación del daño que comprenda el tratamiento psicoterapéutico, tanto para el agresor como para las víctimas.

Es una obra relevante por las circunstancias de violencia que vivimos en el país, y qué mejor que entenderlo desde el punto de vista de una experta en psicología.



# LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

## Importancia de la certificación agrícola

Juan Daniel Jaramillo-González y Alma Angelina Morfín-Arriaga



**Juan Daniel Jaramillo-González.** Estudiante de la Licenciatura en Agronegocios y Comercio Exterior, Centro de Estudios Superiores del Valle Esmeralda. Los Reyes, Michoacán, México. [jaramillojuan165@gmail.com](mailto:jaramillojuan165@gmail.com)

**Alma Angelina Morfín-Arriaga.** Profesor de la Licenciatura en Agronegocios y Comercio Exterior, Centro de Estudios Superiores del Valle Esmeralda. Los Reyes, Michoacán, México. [alma.morfin14@gmail.com](mailto:alma.morfin14@gmail.com)

Como bien sabemos, **México** es un país productor de alimentos que, actualmente, **enfrenta desafíos para mantener la sustentabilidad agrícola**. La agricultura ha tenido cambios positivos con las nuevas tecnologías que aceleran y aumentan la producción, pero a su vez, también ha provocado desconfianza en los consumidores, quienes se cuestionan un sinfín de temas, por ejemplo, **¿es sano para la salud lo que se aplica en los cultivos?** Si se acelera el crecimiento en las plantas, entonces, ¿es benéfico o dañino? Por lo tanto,

los consumidores se han vuelto más exigentes al momento de adquirir un producto del campo, mostrándose preocupados por el hecho de si un alimento perjudicará o no su salud. Para este problema, han surgido **normas, leyes y programas que los productores deben aplicar en campo** y que, una vez que las aplican al pie de la letra, mediante algún organismo evaluador, experto en el área ya sea público o privado, obtienen una certificación agrícola.

### ¿Qué es una certificación agrícola?

La certificación es un proceso mediante el cual un organismo da **garantía por escrito de que un producto, proceso o servicio, cumple con los requisitos especificados**. La certificación da la CONFORMIDAD del producto a normas y a otros documentos que se deben cumplir en relación al **cuidado del ambiente, cuidado de la salud y/o de una infraestructura apta** de las áreas de trabajo. Las certificaciones agrícolas son las que intervienen para dar aseguramiento a los consumidores de que el producto es de calidad, ya que **durante su proceso de elaboración se utilizó la sanidad necesaria**. En pocas palabras, es un **SELLO DE CALIDAD E INOCUIDAD** que brinda la seguridad de que los productos que se consumen, están libres de agentes químicos, físicos o biológicos que pueden dañar la salud.

### Ventajas de una certificación agrícola

Cualquier certificación en la agricultura tiene una función muy importante en el mercado nacional o internacional de los productos, ya que cumple con los requisitos establecidos por diferentes organizaciones o países; además, pueden dar un *plus* para destacar entre la competencia. Algunas ventajas son:

- Demuestra que **el producto cumplió con los requerimientos** del mercado (nacional o internacional).
- La certificación puede **implicar un cambio de hábito** en beneficio a la salud, la seguridad del trabajador y la protección del medio ambiente.
- **Diferencia el producto de otro**, lo que da acceso a distintos mercados, lo cual genera un aumento de precio.
- Se **garantiza la trazabilidad de los productos**, de esta manera, conocemos todo su proceso desde el origen hasta la etapa de distribuidor final.
- Para ofrecer un producto a los **mercados internacionales**, ya que es la forma en que se puede asegurar que fueron cultivados bajo lineamientos específicos.

### Pero, ¿qué otro beneficio tiene?

Además de que permite extender el mercado y da seguridad al consumidor, una certificación nor-





<https://pixabay.com/es/photos/lupa-margarita-campo-verde-479742/>

malmente cubre tres aspectos más, a saber: **cuidar la salud de los trabajadores**, ya que son quienes están expuestos directamente a las sustancias que se aplican; **proteger el medio ambiente**; y **mejorar las áreas de trabajo**, de tal manera que, por ningún motivo, se lleve a cabo una contaminación.

Las certificaciones ayudan a que haya mejores prácticas agrícolas que protegen la salud del trabajador; las **Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)**, influyen positivamente al momento de la certificación. También tienen por objetivo que el trabajador exija capacitaciones que les brinde conocimientos para manipular los productos químicos y, para ello, existe el programa de **Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA)**, donde se debe capacitar al personal para evitar riesgos de intoxicación, además de dar a conocer los productos que sí pueden ser utilizados y aplicados, con la meta de asegurar su salud.

Respecto al medio ambiente, las certificaciones ayudan a **reducir los gases de efecto invernadero**, en pocas palabras, evitan una mayor contaminación del aire, del suelo y del agua.

Para las áreas de trabajo, dichas certifi-

nes indican si estas deben ser acondicionadas con el **equipo necesario para así tener un mayor control de riesgos de contaminación**, por ejemplo, en las áreas de consumo de alimentos, áreas de empaque, de herramientas y de sanitarios, ya que, en todas las áreas, el trabajador está expuesto a ingerir o inhalar productos causantes de enfermedades severas.

### **Certificaciones agroalimentarias que existen en México**

Según la Organización Mundial de Alimentos (FAO, por sus siglas en inglés), en 2021, **México** se posicionó entre los diez **principales países exportadores de productos agroalimentarios**, con un 78 % de envíos hacia Estados Unidos y Canadá, un 8.4 % a Iberoamérica, un 6.2 % a Asia, y 5.2 % a Europa. Dentro de las certificaciones más aplicadas en México encontramos:

**Orgánico México.** Es evaluada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), asegurando a los consumidores que los alimentos fueron producidos de acuerdo con las normas y procedimientos estable-

cidos para que un alimento pueda sostenerse como orgánico dentro del territorio mexicano.

**Global G.A.B.** En español, «Buenas Prácticas Agrícolas Mundiales». Inspira confianza en los consumidores y garantiza a los productores el acceso y reconocimiento en otros mercados nacionales e internacionales. Esto lleva a ganar buena reputación por problemas relacionados con seguridad alimentaria y, gracias al número de identificación que te facilita, se obtiene una identificación global. Esta certificación es válida para exportar a países como Estados Unidos y Canadá.

**USDA Organic.** Se basa en las Normas de Producción Orgánica para Estados Unidos, creadas por el ministerio de ese país. Este sello es necesario para exportar a Estados Unidos, aunque ya se cuenta con certificaciones orgánicas para otros países.

Las certificaciones de alimentos **son específicas de acuerdo al tipo de certificación agrícola que se busque o que sea necesaria para exportaciones.** A pesar de no poder definir con exactitud qué tipo de certificaciones serán las más importantes en los próximos años, se puede mencionar que estas continuarán ganando relevancia y serán necesarias para el ingreso a mercados más especializados, pues son el reflejo de las prácticas y del desarrollo de una organización.

### El futuro de un equilibrio ambiental, económico y social

La reducción del uso de productos dañinos para el ambiente y para la salud humana, es actualmente una exigencia, ya que estos causan **severos cambios en la biodiversidad** de las especies y generan **enfermedades en el ser humano**, asociadas al contacto con ciertos químicos sintéticos como

plaguicidas, herbicidas, e incluso fertilizantes, un ejemplo de ello son algunos tipos de **cáncer**. Con el uso de este tipo de productos químicos en la agricultura, no solo las personas que los aplican están expuestas, o quienes consumen los alimentos que los contienen, sino también aquellas que viven en las zonas cercanas a los campos agrícolas en los que se aplican.

Otra desventaja es que, por el uso excesivo de químicos, **los suelos agrícolas están perdiendo fertilidad** y reduce su productividad, por lo que es muy importante implementar una agricultura más consciente con la manipulación de productos químicos para así producir frutas y hortalizas de calidad, pero de una manera más amigable con el medio ambiente.

Una acreditación o certificación agrícola, claramente **beneficia la economía de la región** y, por lo tanto, del país, ya que, al exportar los productos a todo mundo, tendremos mayor ganancia monetaria, puesto que **los productos son pagados a un precio más elevado.**

Ahora sabemos que los productos certificados son mejores para la salud de quienes lo consumen, a la vez que nos da garantía del cuidado de todo lo que nos rodea, y con ello nos referimos también al medio ambiente. Al exigir y comprar productos certificados, se impulsa el uso de BPA y el BUMA, promoviendo el cuidado de los recursos naturales, en vez de agotarlos.

El crecimiento de las certificaciones agrícolas será cada vez más notable con el paso de los años; sin embargo, todavía falta seguir en la lucha de que cada vez más productores se unan al **«Clan de productos certificados»**, convenciéndolos que se abren las puertas a más beneficios que perjuicios.



ECOCERT. (2022). *Certificaciones Agroalimentarias (ecológicas)*. México. <https://www.ecocert.com/es-MX/sectores-comerciales/agroalimentario>

Nicola de M. (2020). Calidad y certificaciones en el sector agroalimentario. *Agromensajes*, 17-36. <https://core>.

[ac.uk/download/pdf/61696451.pdf](https://www.ecocert.com/es-MX/sectores-comerciales/agroalimentario)

SADER. (2017). *Certificaciones Agroalimentarias, una garantía de calidad*. Gobierno de México. México, <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/certificaciones-agroalimentarias-una-garantia-de-calidad>

# LA CIENCIA EN EL CINE

*Dune*

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*

**H**ace unos días fui al cine, como miles de fans que esperábamos con ansia la segunda parte de la película de Denis Villeneuve (Universal, USA, 2023). La fecha original para el estreno era el 3 de noviembre de 2023; sin embargo, debido a la huelga de guionistas y actores de Hollywood, el estreno se pospuso hasta el 29 de febrero de 2024, lo que provocó que las expectativas incrementaran.

*Dune*, la película en cuestión, está basada en el libro homónimo de Franck Herbert, publicado (el primero) en 1965 y del cual me hice fan absoluto. El éxito conseguido por el primer libro, llevó al autor a continuar con el tema y escribir, en total, seis

libros: *Dune* (1965), *El mesías de Dune* (1969), *Hijos de Dune* (1976), *Emperador de Dune* (1981), *Herejes de Dune* (1984) y *Casa capitular: Dune* (1985). Estos libros forman la serie principal de *Dune*, escrita por Frank Herbert (La editorial DeBolsillo sacó en 2021, la saga completa en un solo paquete). Después de su muerte, su hijo, Brian Herbert, junto con Kevin J. Anderson, coescribieron varias precuelas y secuelas que amplían el universo de *Dune*, aunque yo no los conozco.

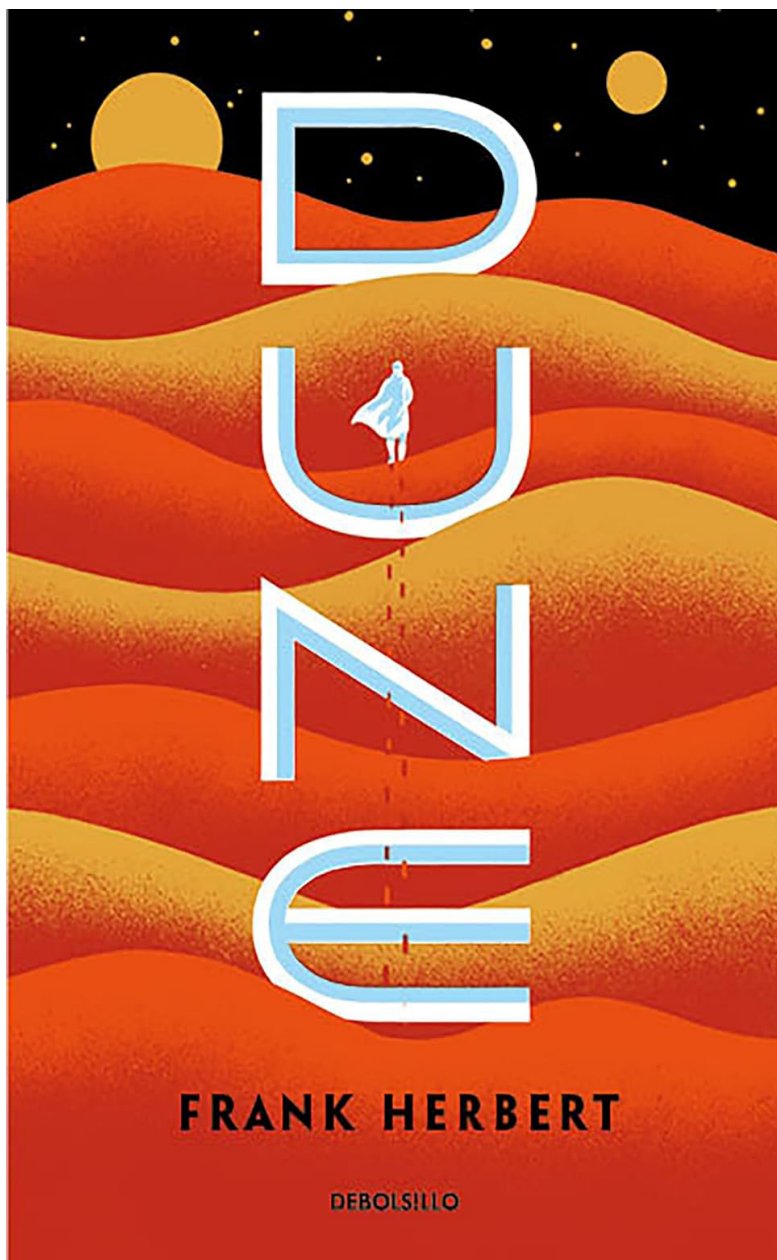
La historia que plantean estos libros es, en apariencia, muy básica, incluso podríamos plantear que es un cuento de hadas, con malos y buenos, princesas, brujas, héroes salvadores... Sin embargo, desde el primer libro, se convirtió en un clásico y, probablemente, en uno de los libros de ciencia ficción más exitosos e influyentes de todos los tiempos. Herbert no se quedó solo en contar las vicisitudes de los personajes de manera lineal;

la historia compone efectivamente una verdadera «*space opera*», con aventuras épicas, drama interplanetario, batallas interestelares y elementos de ciencia ficción especulativa en un escenario galáctico o cósmico. Tal vez esté a la altura de la saga de *La Fundación* de Isaac Asimov y la de *Hyperion* de Dan Simmons.

*Dune* no es una historia sencilla, después de todo. Nos presenta un mundo rico y complejo poblado por una variedad de culturas, religiones, sistemas políticos y ambientaciones únicas. La profundidad y la originalidad de este mundo han cautivado a los lectores de todos los tiempos. *Dune* también aborda una gama muy amplia de temas relevantes, como la política, la religión, la ética, la ecología, la evolución humana, el poder y la ambición. Nos presenta muchos personajes memorables y complejos, cada uno con sus propias motivaciones, ambiciones y conflictos internos, como Paul Atreides; los personajes de *Dune* son vívidos y multidimensionales. La saga también es una epopeya épica que abarca miles de años y múltiples generaciones de personajes. La amplitud y la escala de la narrativa atraen a los lectores que disfrutan de historias de gran alcance.

La escritura de Herbert en la serie *Dune* fue innovadora en muchos aspectos, desde el uso de la descripción de la explotación de los «débiles», la resistencia de estos al poder colonial, hasta el ambientalismo como tema central, además de la exploración de la psicología humana y la conciencia colectiva. Su estilo narrativo único y su capacidad para crear mundos imaginativos, han influido en generaciones de escritores de ciencia ficción.

Esta profundidad de miras, como en las series *Fundación* e *Hyperion*, ya mencionadas, se la pusieron muy difícil a los guionistas de cine. Una historia tan exitosa es una oportunidad jugosa para la industria, pero los resultados han sido más bien decepcionantes. Alejandro Jodorowsky, a inicios de la década de los 70, intentó adaptar un guión y resultó un monstruo difícil de grabar





y de comercializar. De la novela, con una pléyade de artistas, Jodorowsky creó el *storyboard* que muestra la enorme capacidad artística del director, pero planteaba un presupuesto irreal y una duración de ¡¡18 horas!! Seguramente habría sido un fracaso comercial.

En 1984, el director David Lynch, con un guión original suyo, creó la primera obra de cine tangible que fue estrenada a inicios de 1985, pero fue un fracaso de taquilla y tuvo críticas negativas. A pesar de contar con una lista rutilante de estrellas (hasta el cantante pop Sting), un presupuesto gigantesco para la época y unos efectos especiales bastante adelantados, la historia resultó incomible. No se logró conectar la profundidad del texto de Herbert con el lenguaje cinematográfico y los fans la detestamos y, aún ahora, a mí me provoca risas.

En el 2000, se realizó una adaptación para televisión: «Frank Herbert's Dune», dirigida por John Harrison, quien adaptó la novela en una forma más detallada y extensa que la película de 1984. La miniserie recibió críticas en su mayoría positivas y fue bien recibida por los fanáticos de la novela, según lo que investigué.

Yo soy de los convencidos de que cuando se trata de adaptaciones de novelas, debemos verlas como obras separadas o corremos el peligro del desencanto total. El cine es una obra por sí misma (como lo es el texto original) y refleja muy bien la capacidad del director y guionista para reinterpretar

o recrear la obra original. Puede que nos guste o puede que no.

Y pienso que el error fundamental de los intentos anteriores en el cine consistió en pasar, casi textualmente, la novela al lenguaje del cine. Como ya lo mencionamos, la saga es más que una historia lineal, es una reflexión en torno a diversas temáticas, desde aspectos filosóficos, religiosos, ambientalistas y claramente políticos. Y esto es difícil de contener en una película comercial de dos o tres horas. La historia termina por convertirse en un batiburrillo donde los espectadores no entendemos nada, se comprimen los tiempos de la novela, se aceleran los sucesos y se pierde el hilo. Además, las reflexiones en temas filosóficos o políticos, muy naturales en el libro, en el cine constituyen diálogos o monólogos aburridos, hasta incomprensibles. En su momento se dijo que *Dune*, como *La Fundación* e *Hyperion*, era inadaptable e infilmable.

Así llegamos hasta 2021, de la mano de Denis Villeneuve. Todo el dinero del mundo, recursos tecnológicos muy buenos y creíbles, vía libre para el director (a Lynch se le exigía competir con *Star Wars*, que en muchos sentidos se inspiró en la propia *Dune*), además de la enorme fama y experiencia acumulada por Villeneuve en sus cintas anteriores, sobre todo las de ciencia ficción, como *La Llegada* (2016) y *Blade Runner* (2017).

Villeneuve no llegó e intentó plasmar la novela en video tal cual: *recreó* la historia y la adaptó a



su propio estilo y visión. El director y también guionista tomó los elementos esenciales de la novela, aquellos que la hicieron tan exitosa, y los complementó con su propia visión, fotografía (que es su sello), una música grandiosa y un vestuario inolvidable, escenarios de ensueño, filmados en muchos países y con un ritmo muy vertiginoso y buscado por el nuevo público.

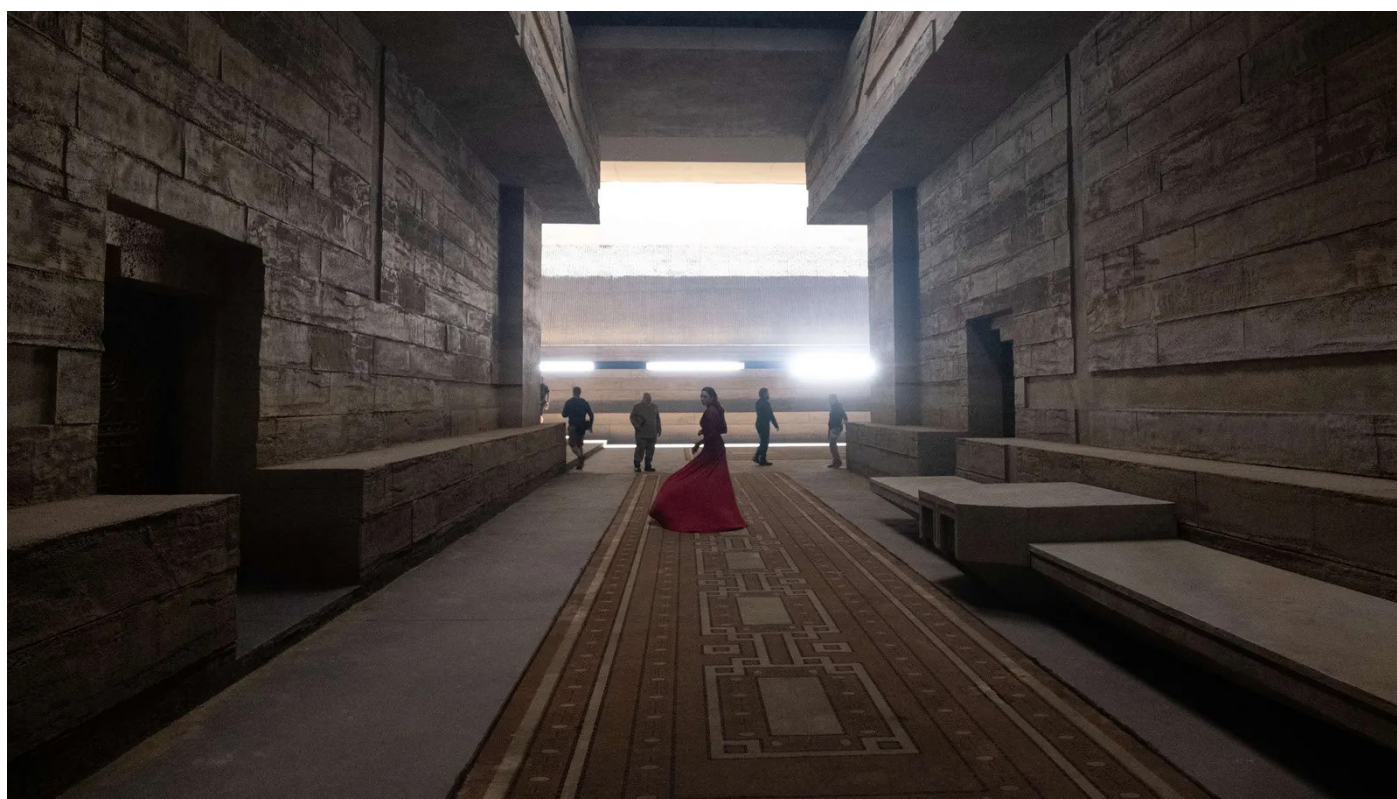
Seguramente el director partió (y esa es solo una idea mía al ver el resultado) de una pregunta esencial: ¿De qué va *Dune*?, es decir, ¿por qué es tan popular? Es una space opera, entonces debe contener, sí o sí, aventuras épicas, drama interplanetario, batallas interestelares y elementos de ciencia ficción especulativa en un escenario galáctico o cósmico. Pero no es una historia común, como ya lo mencionamos, *Dune* presenta un mundo rico y complejo; temas profundos para la reflexión; personajes memorables; una narrativa épica, emocionante y para nada aburrida; así como el mencionado manejo de la fotografía y de la música.

El resultado me parece muy bueno y destacado: no estamos frente a *Dune*, la novela (hay que leerla porque es una de las cumbres de la ciencia ficción clásica), sino frente a *Dune*, la película, que me parece espectacular. La historia del primer libro se divide en, hasta ahora, dos partes, lo que me parece un acierto. Eso le da espacio para darle cierta profundidad, sobre todo en la primera parte, que

necesariamente será más lenta. Pero no se abusa, se presenta la historia, los porqués, los dónde y los quiénes... Nos presenta el origen del conflicto, los personajes implicados y el punto del conflicto.

*Dune* es una epopeya compleja de ciencia ficción que se desarrolla en un futuro distante. En este universo, la humanidad se ha trasladado a la galaxia y los planetas son verdaderos estados-nación dominados por familias (casas), con un emperador como poder central, en una estricta jerarquía política y económica. Las casas compiten por un recurso esencial para toda la industria: la *especia melange*, un recurso equivalente al petróleo actual, incluso el coltán o el litio más actuales. Pero solo un planeta lo posee en abundancia, un pequeño mundo desértico llamado Arrakis, también conocido como *Dune*, habitado por un pueblo, los Fremen, comunidades que se han adaptado a la vida en este ambiente hostil.

La especia tiene propiedades que son esenciales para la navegación interestelar, la prolongación de la vida y la expansión de la conciencia humana. Por supuesto, un recurso tan valioso es deseado por las diferentes casas que se disputan su explotación. Una familia, los Harkonnen, ha explotado Arrakis a sangre y fuego, arrasando con todo y empujando a los Fremen a lo más recóndito del desierto. El emperador, en una muy extraña decisión, concede el dominio de Arrakis a la *casa de Atreides*, una fami-





lia mucho más empática con el nuevo planeta. Sin embargo, esta decisión imperial oculta una trama de engaños y control que trastocará ese universo de manera radical.

La trama principal de *Dune* sigue a Paul Atreides, el joven hijo del duque Leto Atreides, un personaje respetado, quien se encuentra en medio de una intriga política cuando su familia es asignada para gobernar a Arrakis. Paul descubre que tiene habilidades mentales especiales y se convierte en un líder entre los nativos de Arrakis, los Fremen. La historia sigue su viaje desde un joven noble hasta un líder legendario... Hasta aquí les cuento.

Las películas de Denis Villeneuve construyeron una historia apabullante, tanto por la cinematografía como por todos los detalles que le acompañan. Hay que poner un ojo en la arquitectura, que va desde el brutalismo de las fortalezas coloniales de Arrakis, la decoración que recuerda la estética musulmana de Al-Ándalus en los recintos de los Fremen, hasta la estética fascista en los edificios y coliseos de los Harkonnen. Una producción claramente al servicio de la historia como pocas veces se logra en el cine. Esta película, en ambas partes como un todo, es un guiño a la situación actual de

depredación colonial por los recursos naturales y cómo se arrasan pueblos y ambientes con la «justificación» del progreso.

Regresando a la arquitectura, en Arrakis hay un enorme contraste entre los edificios desnudos, de concreto, de líneas sencillas pero monumentales, imitando a la roca, contra la belleza extraña del desierto, sus montañas y sus campos dorados, también desnudos, como una alegoría del desarrollo versus la naturaleza pura. En la Casa Atreides, también podemos ver los jardines y ventanales decorados con figuras geométricas, tal como en los jardines de la Alhambra, armonía y paz... ¿Es un mensaje?

En la casa de los Harkonnen, por el contrario, el mundo es blanco y negro, con miles de banderines, estandartes y marchas nazis, con cuerpos excesivamente blancos y perfectos ¿Una referencia a los nazis, como la forma extrema del colonialismo y la devastación de pueblos y ambientes?

Como ya dije, las películas son espectaculares, bien realizadas y magníficamente producidas, dignas de disfrutarse. Aprovechen y vayan al cine y, por supuesto, lean *Dune*, seguro se convertirán en fanáticos.

# NATUGRAFÍA

## *Pirangas cabeza roja*

\* Miguel Gerardo Ochoa Tovar



Esa mañana buscando aves en el bosque decidí tomar un breve descanso ya que eran pocos los avistamientos que hasta entonces había tenido. Mientras reposaba una pequeña parvada de Pirangas cabeza roja (*Piranga erythrocephala*) comenzaron a forrajear entre unos arbustos a escasos metros de mí. Parecían muy enfocados en buscar alimento, tanto así que llegaron a situarse muy cerca de mí, sin mayor preocupación. Lentamente tomé mi cámara y comencé a realizar unas fotografías.



# PRIMER INFORME

Yarabí Ávila González  
Rectora



## *Estamos transformando a la Universidad Michoacana: Rectora*

La doctora Yarabí Ávila González rinde su primer informe de actividades y destaca el trabajo en equipo que se ha alcanzado

“Nada nos detiene”, afirmó la rectora Yarabí Ávila González al rendir su primer informe de actividades al frente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en donde resaltó que muchas metas se cumplieron y otras fueron rebasadas, y es gracias al equipo fuerte y comprometido que trabaja todos los días para alcanzar el sueño de ser la mejor institución educativa de México.

En la Posta de Veterinaria, frente al H. Consejo Universitario, la doctora Ávila González enumeró los logros que se han tenido en este primer año de actividades, reconociendo a cada uno de los equipos de trabajo que caminaron en un mismo sentido

para lograrlo y destacó que es gracias a esos resultados que hoy todos podemos caminar con la frente en alto, mirar a la comunidad a los ojos, saludar y gritar “Pis pas” porque no tenemos nada de qué apenarnos o escondernos”.

Apuntó que el informe es una semblanza general de lo que se ha hecho en los distintos rubros, sin maquillar datos o triunfos porque ninguna persona de la comunidad nicolaita lo merece, ya que hablar con la verdad permite crecer y avanzar. La Universidad Michoacana, dijo, representa la universalidad y la diversidad, es la modernidad y por ello, se ha reivindicado el valor de las diversidades y se ha integrado en la tarea una mirada que incide en la defensa de los Derechos Humanos que significan el respeto al libre pensamiento, la paz, la pluralidad, la tolerancia, la equidad, la democracia, la inclusión, la sustentabilidad y la corresponsabilidad con la rendición de cuentas.

“Pero aún no estamos satisfechos y ahora es un buen momento para hacer balances, para agradecer y para expresar deseos de éxito a esta comunidad, es apenas nuestro primer año y es momento de hacer un alto y continuar evaluándonos”.

Ávila detalló que el informe se dividió en diferentes capítulos, algunos de ellos como: La Casa de Hidalgo, El Sueño de Quiroga, El Aula de Morelos, El Corazón de Ocampo, La Cuna de Héroes, El Crisol de Pensadores, Legado Nicolaita y la Herencia de Pascual Ortiz Rubio, “todo ello haciendo y recordando a quienes forman parte de nuestra historia y quienes nos han dejado precisamente eso, un gran legado”.

Detalló que las y los integrantes del Gabinete compartieron las acciones realizadas, ya que ellas y ellos han vivido de cerca cada logro y son quienes deben representarlo. “Seguiremos construyendo confianza porque esa no se gana hasta que nosotros no demostramos con acciones lo que nosotros tenemos, el deseo de hacer”.

La rectora reconoció la labor de cada una de las personas que integran la comunidad nicolaita, al señalar que “todas y todos contamos, todos tenemos voz, lo que no tenemos son deseos de destruir o dañar a alguien, mucho menos de lastimar nuestro patrimonio, pues es el legado de grandes hombres y grandes mujeres”.

De igual forma, agradeció el trabajo y el acompañamiento del Consejo Universitario, que dijo, ha tenido mucho que ver para que esta transformación al interior de la Universidad Michoacana sea una realidad.

Resaltó el papel que juega la Universidad Michoacana en la vida pública, al referir que lo que en la Casa de Hidalgo se decide impacta en todo el estado, “no es casual que muchos actores ajenos a esta institución busquen figurar en nuestra vida interna, deberían pensarlo mucho mejor, porque aquí se albergan cerca de 54 mil estudiantes que representan también a sus familias, aquí se albergan casi siete mil trabajadores entre docentes y administrativos que también cuentan sus familias, por lo tanto, somos una gran familia”.

to, somos una gran familia”.

Sostuvo que se continuará siendo sensible cuando se requiera, pero también tajantes cuando las acciones son ventajosas y no suman o multiplican en favor de la UMSNH, al tiempo que invitó a que todas y todos a trabajar en conjunto, “hay muchos proyectos que requiere que todas las manos estemos unidas para poderlos lograr”.

Antes de iniciar con las intervenciones de las y





los integrantes del Gabinete, la rectora hizo entrega del Primer Informe al secretario General, Javier Cervantes Rodríguez, con el fin de que lo haga llegar al Consejo Universitario y para que la comunidad nicolaita esté enterada de estas acciones.

Las y los asistentes al evento realizado en la Posta de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, escucharon los logros en materia académica, administrativa, financiera, en seguridad, en difusión cultural, en investigación científica, en igualdad de género y cultura de paz y en infraestructura, por mencionar algunos.

Participaron en el informe los secretarios General, Académico, Administrativo y de Difusión Cultural y Extensión Universitaria, Javier Cervantes, Antonio Ramos, Edgar Martínez y Miguel Ángel Villa, respectivamente; la secretaria Auxiliar, Monika Gutiérrez; el tesorero, Enrique Eduardo Román; la coordinadora de Planeación, Infraestructura y Fortalecimiento Universitario, Cindy Lara y el Coordinador de la Investigación Científica, Jesús Campos.

También asistieron al evento, el secretario Particular, Javier Cervantes Martínez; el abogado general, Raúl Carrera; la contralora, Ana Delia Quin-

tero; el director de Tecnologías de la Información y Comunicación, Octavio Aparicio, así como directoras y directores de Facultades, Escuelas e Institutos nicolaitas, funcionarios, estudiantes, moradores y moradoras de las Casas del Estudiante y representantes de diversas dependencias estatales y municipales.

- El 98 por ciento de la matrícula de la Universidad Michoacana cursa programas de calidad. Es decir, el 90 por ciento de las carreras que se imparten gozan de reconocimiento de calidad nacional o internacional.
- Uno de los más grandes pendientes que encontramos, fue el rezago de trámites de títulos profesionales. Se agilizó la entrega de títulos en pergamino, expidiéndose 4 mil 800, además de la impresión de 25 mil títulos electrónicos.
- Se aprobaron 586 proyectos en donde se invirtieron más de 18 millones de pesos. Esto, aunado a los 13 más aprobados con el Conahcyt en donde se destinaron más de 17 millones de pesos y 112 proyectos aprobados por el ICTI con una bolsa de 18.8 millones de pesos.

- De mil 138 Profesores-investigadores de tiempo completo (asociados y titulares), 603 pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del CONAHCYT. En 2023 se sumaron otros 48 nicolaitas.
- Se creó la oficina que se encarga de tramitar patentes y derechos intelectuales. Están en trámite 5 patentes y 5 registros de software y obras. Se obtuvo el certificado de derechos de autor de la marcha "Cuna de héroes, crisol de pensadores" de la banda de guerra.
- Más de 300 mil personas han sido beneficiadas con las más de 7 mil 400 actividades que se han desarrollado, pero vale la pena resaltar la creación del Himno Nicolaita y la conformación del Coro Universitario y el Octeto Somos Nicolaitas.
- Se han firmado 117 convenios de colaboración, que buscan la vinculación académica, la investigación, la movilidad nacional e internacional y el servicio social y las prácticas profesionales. En total, tenemos en vigencia 350 acuerdos institucionales.
- Se accedieron a 25 millones de pesos con los que se han adquirido seis camionetas, equipo de cómputo y de laboratorios, además de equipo especializado para estudiantes de la Licenciatura en Seguridad Pública y Ciencias Forenses.
- El impulso al deporte y las artes marcan la administración de la rectora Yarabí Ávila González. En esta administración se puso en marcha la celebración de las Rodadas Nicolaitas. Cada mes se recorren 10 kilómetros en Morelia.
- Esta administración ha dado un paso histórico al crear la Coordinación General de Igualdad de Género, Inclusión y Cultura de Paz, un anhelo de miles de voces, que fue escuchado por la rectora Yarabí Ávila González.
- Nuestra comunidad no puede ser rehén de ningún agente externo, por lo que se instalaron arcos de seguridad en las preparatorias de Morelia, además de que se reactivó el Sistema de Vigilancia y Monitoreo, que implica seguridad durante las 24 horas del día en Ciudad Universitaria.



- De manera inédita, se pudo cumplir con recursos propios el pago de salarios y prestaciones de sus trabajadores y académicos hasta el mes de noviembre, aunado a que cubrió la totalidad de la última nómina del año y el 47% del aguinaldo.
- El 2023 fue nuestro primer año, y con la voluntad y el trabajo de todas y todos, logramos una bolsa de 154 millones de pesos en 33 obras de gran calado. Tenemos la seguridad de que, el que el 2024 reforzaremos nuestras acciones.
- Una de las obras más importantes es la construcción de la Unidad Profesional de Zamora, con el respaldo del gobierno de Alfredo Ramírez Bedolla. Esperamos que este año sea culminada la obra que se postergó desde hace una década.
- La ampliación del edificio de MultiDes, así como las construcciones en las facultades de Psicología y Bellas Artes, son inversiones muy significativas, aunado al fortalecimiento de la Facultad de Odontología con equipamiento y la rehabilitación del Centro Universitario de Estudios de Posgrado.



- Esperamos tener en unas semanas más las techumbres de las canchas de basquetbol en CU, en donde se hace una inversión importante. Asimismo, pronto tendremos en funcionamiento la primera cancha de futbol rápido.
- Se pusieron en marcha los trabajos de construcción de la primer alberca olímpica con una inversión de recursos propios superior a los 32 millones de pesos, con recursos propios.



