

# sabermás

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



## Los tamandúas viven bajo un paraguas

Correteando lagartijas  
Inmunidad como defensa ¿en plantas?  
Los lagos: Testigos del pasado  
La distancia en la pintura: De Cacaxtla a Picasso  
Polinización: Algo más que abejas

Las abejas son amigas ¡no les temas!  
Las abejas y su realidad  
¡Vamos a atrapar insectos plaga!  
Cambios de fase, puntos críticos y  
física de frontera

Año 9 / No. 52/ julio - agosto/ 2020  
Morelia, Michoacán, México  
U.M.S.N.H.

ISSN 2007-7041



9

772007

704007



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*

ISSN-2007-7041



# CONTENIDO



"Tamandúa"  
Técnica mixta  
Instagram: @ratafakplata  
Facebook: diamantina pura

## Los tamandúas viven bajo un paraguas

30

### ARTÍCULOS

Correteando lagartijas	14
Inmunidad como defensa ¿en plantas?	18
Los lagos: Testigos del pasado	22
La distancia en la pintura: De Cacaxtla a Picasso	26
Polinización: Algo más que abejas	40
Las abejas son amigas ¡no les temas!	44
Las abejas y su realidad	48
¡Vamos a atrapar insectos plaga!	52
Cambios de fase, puntos críticos y física de frontera	56



14



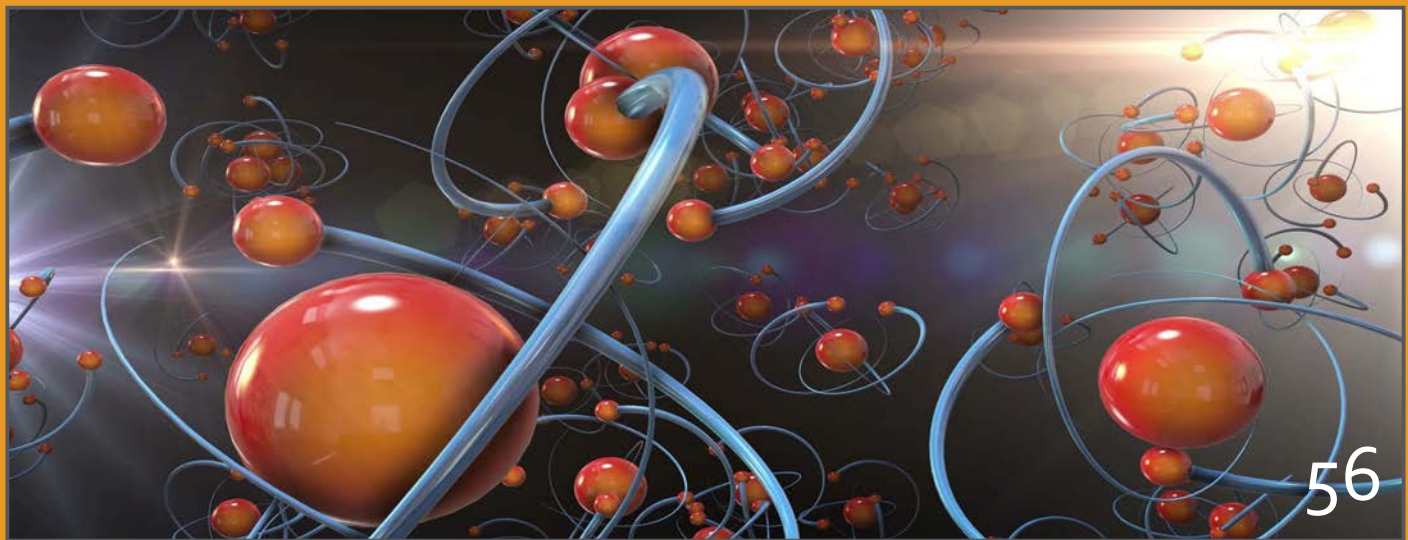
22



40



48



56

### ENTÉRATE

Olores percibimos, mensajes no sabemos 6

Respirador artificial nicolaita para enfrentar el covid-19 8

### TECNOLOGÍA

Arquitectura del software 62

### UNA PROBADA DE CIENCIA

ADN basura 66

### CIENCIA EN POCAS PALABRAS

El fósforo ¿la chispa de la vida? 70

### LA CIENCIA EN EL CINE

Historias del loop 73

### EXPERIMENTA

Plantando sin semillas: Brotación 77

### INFOGRAFÍA

ADN en cifras 78



Entrevista a Raúl López Téllez

Periodista

9



# DIRECTORIO



## Rector

Dr. Raúl Cárdenas Navarro

## Secretario General

Mtro. Pedro Mata Vázquez

## Secretario Académico

Dr. Orépani García Rodríguez

## Secretaría Administrativa

ME en MF Silvia Hernández Capi

## Secretario de Difusión Cultural

Dr. Héctor Pérez Pintor

## Secretario Auxiliar

Dr. Juan Carlos Gómez Revuelta

## Abogado General

Lic. Luis Fernando Rodríguez Vera

## Tesorero

Dr. Rodrigo Gómez Monge

## Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 9, No. 52, julio-agosto, 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, [www.sabermas.umich.mx](http://www.sabermas.umich.mx), [sabermasumich@gmail.com](mailto:sabermasumich@gmail.com). Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Informática de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, 3 de agosto de 2020.

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. Marco Antonio Landavazo Arias  
Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,  
Michoacán. México.

Dr. Cederik León de León Acuña  
Dirección de Tecnologías de la Información y  
Comunicación, Universidad Michoacana de San  
Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.

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

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

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas  
Dirección de Investigación, Universidad de Morelia,  
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

Tienes en tus manos, o más correctamente en tu pantalla, el número 52 de *Saber Más*, revista de divulgación de la ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y esto es para nosotros es motivo de orgullo y agradecimiento a nuestros lectores. Hemos pasado este año, lo que va de él, muy complicado y todo indica que este estado se mantendrá un tiempo más.

En estos meses, nuestra revista no ha parado, seguimos trabajando desde nuestras casas para garantizar la continuidad y la calidad de la revista y de todos sus productos como la radio, redes sociales, material audiovisual, entrevistas... Nuestro compromiso, como el de la Universidad es estar más activos que nunca. Y tenemos recompensas, desde que inició la emergencia sanitaria, hemos batido varios records en lectores y estos continúan creciendo.

Que tantos lectores (alrededor de 50,000 por mes), en México y en buena parte de Iberoamérica hayan encontrado en *Saber Más* una fuente confiable e interesante de información sobre la ciencia nos entusiasma y nos compromete aun más.

Sabemos que las plataformas preferidas para leer van desde teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, tabletas y computadoras de escritorio (en ese orden) y esto nos obliga a pensar más cuidadosamente el diseño de la revista y estamos trabajando para adaptarnos mejor a esta realidad.

La revista está elaborada por un grupo de universitarios muy comprometidos, los artículos y las diversas secciones, fueron aportados por investigadores especializados en cada tema y estudiantes

de posgrado que van entendiendo la importancia de comunicar al gran público sus proyectos. Todos, cuerpo editorial y colaboradores, estamos aprendiendo el lenguaje y los métodos de la divulgación de la ciencia dirigida a la sociedad a la que nos debemos y eso es otra característica de la revista que también nos llena de orgullo, puesto que estamos contribuyendo a formar divulgadores en la comunidad científica.

Este número es -como siempre- de gran interés. Diverso en sus artículos, en sus estilos y toca temas que seguro harán la cuarentena más llevadera y permitirán a los lectores entusiasmarse por cada uno de ellos. El artículo de portada es un llamado a poner atención a todas las especies, más considerando el riesgo en que muchas están y no solo a las llamadas carismáticas, para su conservación. Trata de unos animales muy interesante y de los que poco sabemos a nivel de calle, los famosos hormigueros. También salimos a dar un paseo con lagartijas, organismos tan variados como sorprendentes. Varios artículos tratan sobre el mundo de las abejas, su importancia, el manejo y los retos de conservación, todos ellos muy ilustrativos. Por supuesto hablamos de tecnología, de cine y libros, además de muchos otros temas importantes.

Te esperamos en el número 52 de la revista, seguro te encantará como a nosotros.

Horacio Cano Camacho  
Editor





# ENTÉRATE

## Olores percibimos, mensajes no sabemos

Si camináramos por un campo de jitomates, de naranjas, o a través de un bosque de pinos podríamos reconocer donde estamos solamente por los olores que nos rodean. ¿Qué nos estarán queriendo decir las plantas? Desde hace mucho tiempo se sabe que las plantas utilizan los olores para comunicarse con otras especies, ya sea con otras plantas o con el resto de las especies. Por ejemplo, se han detectado algunos volátiles que alertan a otras plantas de que hay herbívoros que se las están comiendo, y también otros compuestos que atraen a los enemigos naturales de sus herbívoros. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han focalizado en la importancia de un compuesto volátil en particular o en cómo un compuesto afecta a algunos animales.

En un artículo reciente de colaboración interdisciplinaria entre científicos mexicanos y de diversas nacionalidades se investigó la relación entre los compuestos volátiles emitidos por el conjunto de las plantas del bosque tropical caducifolio de la costa de Jalisco y la comunidad de herbívoros que

se alimentan de ellas (Zu et al. 2020; <https://science.sciencemag.org/content/368/6497/1377?rss=1>). Utilizando un modelo de teoría de la información propuesto por Shannon en 1948, que se basa en determinar que tan certera es la transmisión de un mensaje entre dos interactuantes, se evaluó si los compuestos emitidos por las plantas podían identificar que oruga se alimentaba de ella, es decir si las señales que manda una planta ayudan a los herbívoros a encontrar su alimento. Esta relación entre plantas y herbívoros es antagonista, puesto que unas- las plantas- buscan desaparecer para que no se las coman y los otros- los herbívoros- buscan encontrar una cierta planta para obtener su alimento, y por ello existe un conflicto de transmisión de información, los herbívoros buscan certidumbre mientras que las plantas incertidumbre.

Los resultados del estudio de Zu y colaboradores son muy novedosos puesto que, a través de simulaciones de diferentes escenarios, partiendo de las interacciones observadas en campo, y añadiendo los volátiles evaluados, fueron capaces de



Fotografías: Ek del Val de Gortari



predecir cuál es la configuración de los volátiles que identificaron a las plantas y a los animales que interactúan entre sí. En particular encontraron que para este sitio, de todos los volátiles observados (56 moléculas diferentes), 15 son capaces de diferenciar cada especie de herbívoro y 8 volátiles ayudan a separar entre especies de planta.

Los modelos apuntan a



que las plantas buscan producir nuevos compuestos continuamente para tratar de desaparecer (maximizando la incertidumbre de la información) mientras que los herbívoros mejoran sus capacidades de identificación de volátiles para conseguir su alimento (minimizando la incertidumbre). Estos resultados demuestran que estos conflictos en la transmisión de información son capaces de explicar los vastos perfiles de compuestos volátiles de las plantas y las restringidas dietas de los herbívoros que se observan en la naturaleza.

Por otro lado, es de resaltar que este proyecto interdisciplinario conjuga la historia natural, la investigación a largo plazo de un sistema de estudio (10 años de colecta de datos de interacción entre plantas y lepidópteros), el estudio de los volátiles y una aproximación teórica novedosa;

cada uno de estos componentes fue fundamental para llegar a una

síntesis del conocimiento que nos permite entender patrones que observamos en la naturaleza. Por ello es imperativo continuar apoyando los diferentes componentes de la investigación científica, en particular sino fuera por la existencia de las estaciones de campo apoyadas por la UNAM (la Estación de Biología de Chamela en este caso), la investigación a largo plazo resultaría casi imposible.

La próxima vez que camines junto a una planta olorosa, piensa en cuál será el mensaje que estará queriendo transmitir.

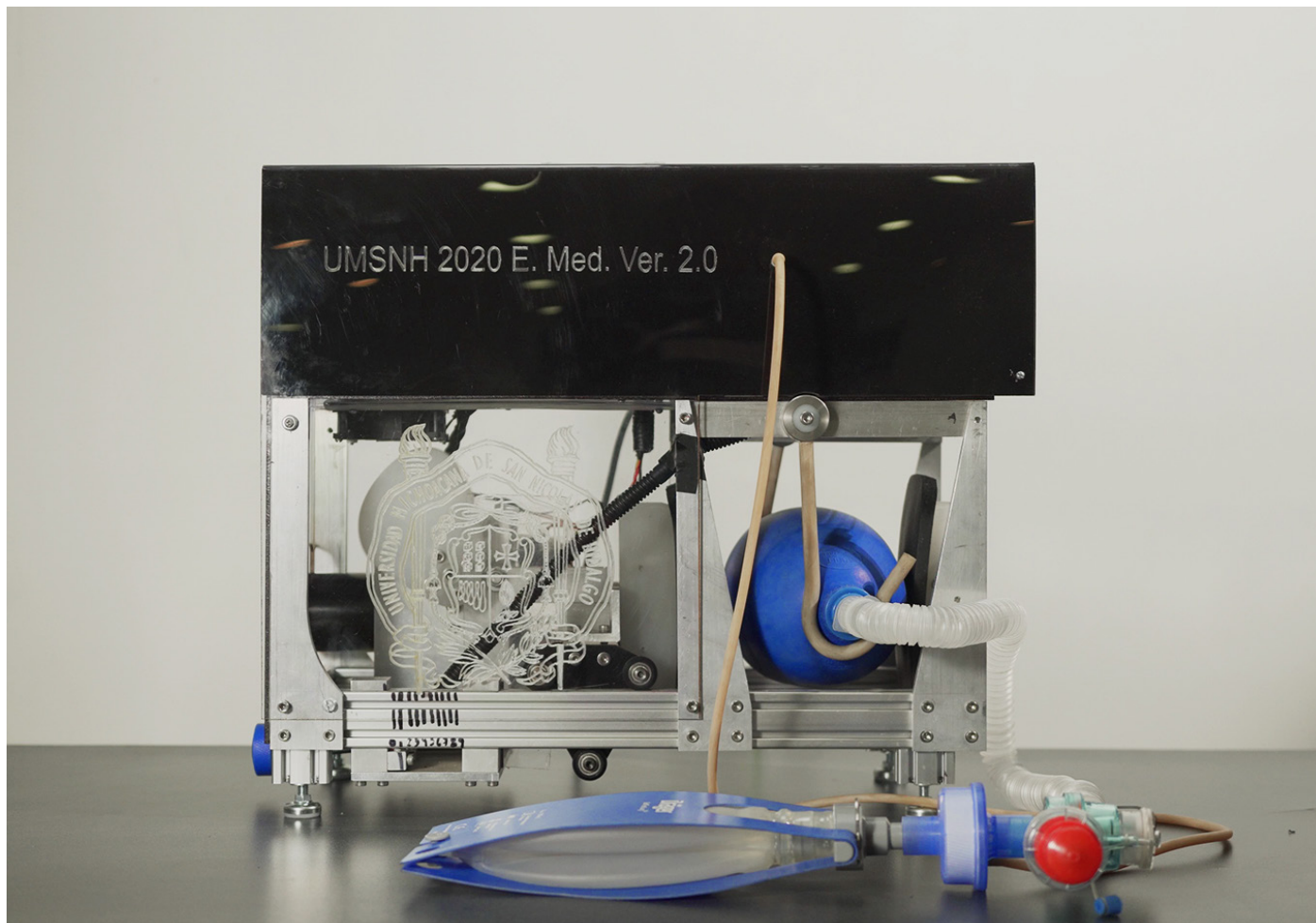
*Dra. Ek del Val de Gortari*

Lab. de Interacciones bióticas en hábitats alterados  
UNAM, Campus Morelia.  
[ekdelval@cieco.unam.mx](mailto:ekdelval@cieco.unam.mx)



# ENTÉRATE

## Respirador artificial nicolaita para enfrentar el COVID-19



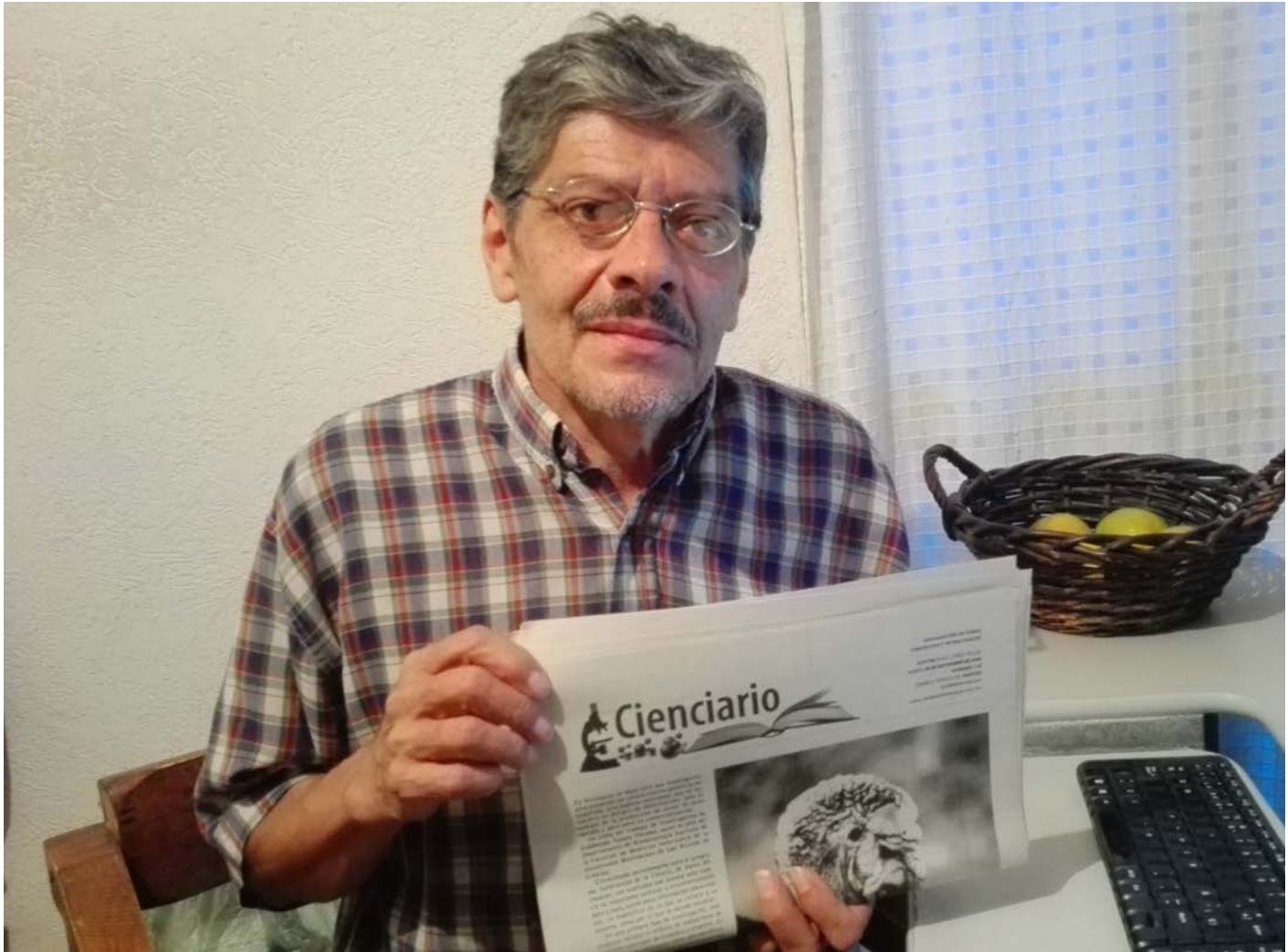
**A**nte la pandemia por COVID-19, México y muchos otros países se enfrentaron a la falta de respiradores artificiales, esenciales para mantener la vida de enfermos infectados por el coronavirus SARS-COV2. Lo anterior ha llevado al desarrollo de prototipos de respiradores artificiales, seguros y de bajo costo, por lo que investigadores nicolaitas de la Facultad e Instituto de Física y Matemáticas, del Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, conformaron un equipo por físicos experimentales, ingenieros electrónicos con especialidad en control e instrumentación, ingenieros mecánicos especialistas en diseño y manufactura, arquitectos con especialidad en diseño y especialistas en materiales, para el diseño y construcción de un prototipo confiable y de bajo costo. Una vez que este prototipo de respirador artificial, fue validado por expertos en inhaloterapia del Instituto Mexica-

no del Seguro Social (IMSS), el rector Dr. Raúl Cárdenas Navarro realizó la entrega a la Delegación del IMSS en Michoacán, para atender a pacientes de COVID-19. Una de las principales características de este respirador, es que se fabrica en corto tiempo y con materiales de fácil acceso, además de que cumple con las necesidades requeridas para un ventilador de emergencia como son portabilidad, confiabilidad y autonomía. Este respirador cuenta con controles de las variables básicas requeridas como frecuencia, volumen, mezcla de oxígeno, presión y flujo, manteniendo valores de saturación de oxígeno en la sangre entre el 97 y 100%. Es el primero en el país en su tipo que se entrega a una institución de salud como el IMSS, ya que cumple con los requerimientos y lineamientos establecidos por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), para su uso y comercialización.

# ENTREVISTA

## Raúl López Téllez

Por Horacio Cano Camacho



**R**aúl López Téllez ejerce el periodismo desde hace 35 años. Fue reportero y editor en La Voz de Michoacán, jefe de redacción e información de los diarios Buen Día, Cambio de Michoacán y Provincia; redactor y jefe de redacción en los semanarios Opción de Michoacán y Los Periodistas en su primera época, además de corresponsal del diario La Jornada y la revista Época. Es autor del libro Periodismo en Michoacán bajo riesgo, publicado en el año 2017 por la Editorial Jitanjáfora.

Editó por 13 años en el diario Cambio de Michoacán, desde el 2003 hasta octubre del año 2016, el suplemento semanal Cienciarío, dedicado a la divulgación científica, que obtuvo el Premio Estatal de Divulgación en el año 2013. Actualmente, dirige la versión digital de Cienciarío en su tercera época.

**Hola Raúl, tú eres un periodista de una trayectoria muy amplia y has incursionado en diferentes temáticas y secciones ¿qué te ha llevado a interesarte en el tema del periodismo científico?**

Mi formación académica va más por la ciencia. Estudié Medicina Veterinaria en la Universidad Michoacana con la intención de formarme como investigador, aunque otras circunstancias después de haberme titulado me llevaron a encontrarme con mi verdadera y gran pasión, el periodismo, desde el que traté siempre de generar información de ciencia como reportero y, después como directivo en un periódico, influir para que ésta ocupara un papel relevante, que fue como nació Cienciarío, un proyecto vigente desde el año 2003 y ganador en el 2013 del Premio Estatal de Divulgación Científica.



**¿Como ciudadano, qué importancia le concedes al periodismo científico y a la divulgación de la ciencia para la sociedad moderna?**

Estoy convencido de que la información de ciencia forma ciudadanía en cuanto a generar una cultura de la certeza o bien una conducta ética, basada en hechos y no en suposiciones que nos hacen presa fácil de rumores o de la "infodemia", una tendencia surgida en los últimos años y que preocupa por llevar a la descalificación en general de la información a través de las llamadas "fake news".

Creo que al periodismo de ciencia le faltan esquemas de mayor versatilidad, que rompan su solemnidad al abordar temas demasiado serios" y en donde el humor no debe estar ausente.

Como ciudadano, creo que el tener información responsable y verídica, obviamente nos lleva a una conducta que debe abonar al desarrollo social al considerarnos responsables y que en el criterio y el buen juicio descansen no solo nuestras acciones, sino nuestras razones.

Como ciudadano creo que la información de ciencia tiene demasiada importancia, al igual que lo deben tener otros temas que desde el periodismo sean abordados en base a su pertinencia social, y que requieren de compromiso, sustento y equilibrio, ya que se ha caído en el prejuicio de que solo la información de ciencia "vale" y no, paradoja, desde el "periodismo" a secas.

**¿Cómo consideras el periodismo de ciencia en estos momentos en nuestro país? El Covid-19 parece que puso los temas científicos en boca de todos: virus, pandemia, vacunas, modelos matemáticos, etc. Todos hablamos de ello, ¿crees que la prensa está a la altura?**

El tema del coronavirus y el "interés" por temas científicos en este caso del coronavirus, creo, corresponde a una reacción natural del ciudadano por informarse, en primer lugar, que busca como orientarse, en segundo lugar, en base a esa información para tomar decisiones, sobre todo cuando



en torno al tema existen miedos y desconcierto por los riesgos que representa para la salud personal y colectiva. En suma, el usuario en estos días busca informarse, pero además orientarse.

El riesgo de considerar que “todos” hablemos de virus o pandemias, corresponde a una tendencia derivada de las redes sociales, donde la contaminación de tales temas por “infodemia” se propaga más allá por tendencias amarillistas o escandalosas, lo cual habla de que los intereses mercantiles o publicitarios rebasan las reales intenciones de informar y en ese sentido se ha hecho tabla rasa al generalizarla como una tendencia de la mayoría de los medios informativos.

Respecto a si la prensa está “a la altura”, creo que a los medios en general, les hace falta acercarse a especialistas como fuentes informativas, para que sean éstos quienes, a través del periodismo, con notas bien estructuradas y entrevistas adecuadas, brinden un panorama real, lo más objetivo posible sobre un hecho, y no en apreciaciones particulares del reportero o los intereses de un empresario. En ese sentido no creo que estemos a la altura, las informaciones se sustentan en una numeralia o la cifra diaria, trágica, de cómo avanzan los casos o bien en hacer una recreación de las “heroicidades” de estos días, por lo que se requiere de mayor responsabilidad en esa orientación indispensable que más allá de algunos medios que se editan desde la Ciudad de México, es poco vista en la prensa local, estatal.

Tiene que ver también con la presentación de la información, para que el público se interese o se involucre con la información que se le ofrece y que, en materia de periodismo científico, enfrenta muchos retos, sobre todo para quitarle la solemnidad que aún pesa sobre la información de ciencia al creer que es algo “muy serio”, lo cual debe recaer en editores reales, informados, comprometidos con el periodismo de ciencia y que le den el peso adecuado a este, de manera que se genere una cultura desde la información por la ciencia y el conocimiento, eso creo que debe ser la importancia que desde el periodismo se le debe conceder a la información trascendente.

Los investigadores y divulgadores, creo que también tienen mucho que hacer al respecto en cuanto a su relación con los medios, en buscar un espacio en los mismos de manera constante y no dejar sólo en los editores el que sean buscados, lo cual generalmente no ocurre y que en estos momentos adquiere una vital importancia para poner en su justo lugar y momento esos temas que están

“en la boca de todos”, aunque no con la mayor certeza posible. Incluso, habría que hablar de qué periodismo de ciencia hablamos, ya que, aunque existente, su influencia está muy lejos de la presencia de los llamados medios “tradicionales”.

Claro, también implica responsabilidades no asumidas por parte de los periodistas, como no capacitarse, no prepararse para determinadas coberturas y, sobre todo, no comprometerse con la verdad periodística, que implica acudir a las fuentes y su cotejo, y que generan el que no estemos a la altura de los acontecimientos, no sólo de éste que vivimos sino de muchos otros.

**Tú abordaste el problema de la carencia de información científica para todo público de manera frontal con la creación de Cienciarío hace más de 16 años ¿podrías contarnos un poco de esa experiencia?**

Por desgracia, la carencia de información de ciencia sigue siendo un fenómeno presente en los medios, sobre el cual Cienciarío ha intentado acortar con el apoyo de divulgadores que trabajan desde los espacios universitarios, en su mayoría de la Universidad Michoacana.

En más de 16 años y en tres épocas, este espacio persiste en sus objetivos fundacionales, acercar de manera clara y transparente, la información que le permita acceder al conocimiento respecto a su entorno inmediato y más allá, de manera que le permita tomar decisiones bien fundamentadas, lejos de supersticiones o creencias populares que carecen de sustento y que obviamente contribuya a formar ciudadanos responsables, tolerantes. Este reto se mantiene.

De la experiencia, podría decir que desgraciadamente no se ha contado con un interés creciente por parte de la investigación y la academia para acercarse a la divulgación a través de Cienciarío o de otros medios; los lectores de temas de ciencia, se mantienen en la audiencia de este proyecto, pero aun así son pocos, como podría pensarse es natural en este tipo de periodismo, alejado de la espectacularidad o el chisme.

La incursión en plataformas digitales, curiosamente, le ha redituado menos lectores a Cienciarío que cuando existió en su época de suplemento impreso, donde alcanzó miles de lectores y ahora sólo se cuentan en cientos, lo que habla ciertamente de dinámicas en las que habrá que abonar con paciencia para persistir en el empeño en un escenario que se reproduce a nivel nacional, donde sólo los esfuerzos de instituciones educativas (hablo de la



UNAM, principalmente, aunque en los últimos años la Universidad Michoacana ha avanzado demasiado en tener una presencia) concitan a una credibilidad y un interés constantes en su consulta.

**Cienciarrio como muchos otros suplementos de ciencia, incluso de otros rubros de la cultura, ha sufrido muchos avatares, desde la carencia de apoyo de los periódicos y otros medios por falta de visión y cultura científica de los dueños, hasta la crisis desencadenada por internet ¿cómo estamos en este momento, consideras que tal vez sea el “momento” para el periodismo de ciencia y la divulgación de la ciencia?**

Si nos ubicamos en un plano local, lo veo difícil en cuanto a intenciones de los medios para considerar ese “momento”. Este empeño debería de corresponder más a una intención de empresarios o directivos de los medios, pero en Michoacán están casados con un modelo obsoleto de sobrevivencia, el de la dependencia extrema con los recursos oficiales, gubernamentales o de los círculos político-partidistas, lo que obviamente compromete sus líneas editoriales y por falta de esa cultura los lleva a vender sus criterios, no sólo sus espacios publicitarios, por lo que un proyecto en ese sentido, diferente, no existe hasta el momento. Basta ver las “notas” de estos días, donde el discurso político o gubernamental tiene mayor espacio que lo que pueda considerar un científico sobre la COVID-19. El “momento” podría venir, creo, de una iniciativa de divulgadores y periodistas de ciencia, y éste creo es un momento adecuado para hacerlo, aunque en general nos dividen los conceptos, las soberbias y malas intenciones, como ocurre en general con el gremio periodístico en el país.

Debo aclarar que sí hay medios y periodistas profesionales en México que abordan con seriedad no sólo el tema de la ciencia, no agrupados en un proyecto específicamente de ciencia, pero sí que intentan ubicar en la atención pública los temas que afectan directamente a los ciudadanos. Por desgracia, en la actualidad tanto medios como usuarios de la información se encuentran divididos con filias y fobias propiciadas desde el poder político y partidista, lo que habla también de una tarea que no hemos hecho los medios, generar públicos responsables sino todo lo contrario, maleables y con mayor fidelidad a los trascendidos, chismes y rumores como base de una presunta información responsable.

**Nos podrías platicar en qué andas ahora, sabemos que eres muy inquieto ¿puedes platicarnos de tus proyectos personales y en grupo?**

En estos momentos mi prioridad es impulsar Cienciarrio, consolidarlo en una primera etapa como un medio creíble —que ya lo es a mi juicio, en base a sus más de 16 años de existencia, gracias a sus colaboradores-, y pertinente; fortalecerlo con la incorporación de más colaboradores y hacer todo lo posible por alcanzar el periodismo presencial necesario, aunque suene raro en estos tiempos de encierro y virtualidad.

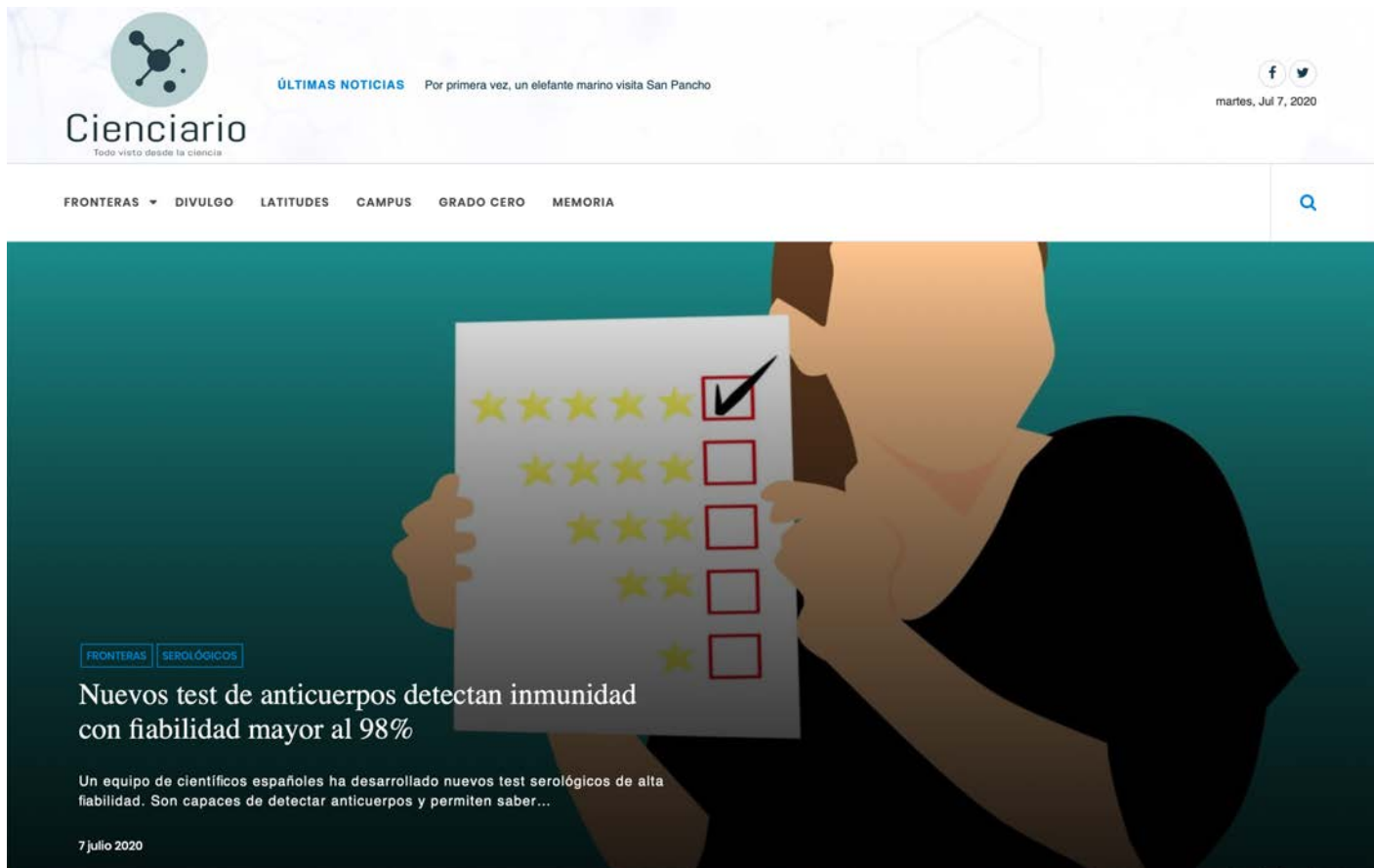
También colaboro con el proyecto de periodismo cultural, el-artefacto, fundado en febrero del 2019.

Como proyecto pensaría en lo deseable de volver a formar parte de un equipo de trabajo que rescate a la Redacción como núcleo de un esfuerzo por informar desde los cánones básicos del periodista: acopiar información a través de hechos y fuentes confiables, presentarla con criterios de calidad, objetividad y equilibrio, que además oriente y se constituya en criterios para la toma de decisiones.

La automatización de los procesos en los medios con la computación y la digitalización, cabe decir, acabó con las redacciones y el papel presencial del periodista, hoy todo es virtual y desde hace año el trabajo se hace en casa o lejos de los acontecimientos, las pantallas han suplido a las redacciones físicas y con ello los filtros necesarios para que la información tenga su peso real. Claro, es la visión romántica de un periodista que añora en su ejercicio, “el oficio más bello del mundo”, como calificó al periodismo el escritor Gabriel García Márquez.

**Tú haces Cienciarrio, pero nunca te retiras de otros temas de la educación y la cultura, incluso participas en proyectos al respecto, ¿cómo ves esa integración de ciencia y temas culturales, que tradicionalmente se han separado?**

Sería lo deseable, aunque más allá de que pueda ser una visión editorial, creo que hay un tramo por recorrer para consolidar en los hechos la creación de una cultura no sólo científica en el investigador o divulgador, a veces muy circunscrito a su especialidad y sin relación con un entorno determinado, y en la que creo influyen más los prejuicios o la tendencia a descalificar lo que no se conoce. Por desgracia, la crisis en los medios o en los modos de concebir a los medios, hacen hoy más latente esta separación, incluso no hay secciones consoli-



dadas o que se mantengan sobre estas áreas y en donde pesa de manera fundamental la especialización o profesionalización de directivos y periodistas.

**¿A los jóvenes estudiantes de periodismo o de comunicación y áreas afines, les aconsejarías acercarse al periodismo de ciencia? ¿qué consejos les podrías dar, dada tu propia experiencia?**

Claro que lo aconsejo, aunque ya depende de los intereses particulares de quien se prepara para comunicar, sobre todo si tiene vocación, compromiso por especializarse y darle valor a su nombre a través del periodismo de ciencia, un espacio que considero con muchas expectativas y potencialidades en México.

Les aconsejaría exigir en sus instituciones que el periodismo de ciencia se ofrezca como una alternativa de formación periodística; acercarse a los proyectos de periodismo de ciencia existentes en México tanto institucionales como independientes, identificar sus debilidades y fortalezas en éstos e iniciar el aprendizaje del reportero que acude a las actividades de ciencia, no solo para reseñarlas o hacer la nota, sino para conocer a los investigadores, acercarse para entrevistarlos y sobre todo conocer

el perfil de los usuarios de la información en estos temas, de manera que se tenga un efecto concreto. Claro que también reportear ciencia, y es otro consejo, implica hacerlo desde lo neutro, sin ninguna intencionalidad más allá de informar con objetividad, ya que muchos reporteros acuden a eventos con la idea de “descubrir” impactos sensacionalistas o francamente amarillistas en sus notas al cubrir conferencias sobre todo aquellas relativas a impactos de la naturaleza, como inundaciones, terremotos, contaminación o enfermedades cuasi apocalípticas como la pandemia que hoy nos ocupa y donde, me parece, hemos dejado más incertidumbres o miedos que certezas ante lo que enfrentamos.

**Gracias Raúl por tu tiempo y disposición para esta entrevista ¿te gustaría agregar algo?**

Gracias por su invitación para esta entrevista. Creo que es importante que los medios de la Universidad Michoacana, como en este caso Saber más, se vinculen con la sociedad, salgan del campus; felicidades a esta revista digital por sus logros y por su persistencia, me atrevo a decir que con su trabajo ya hay una presencia pública real de la Universidad Michoacana, sobre el trabajo de su comunidad de investigadores y académicos.



## ARTÍCULO

# Correteando lagartijas

José Alfredo Soria Bárcena



*Anolis sagrei*. Fotografía de Amhed Saúl Betancourt Ocampo.

**José Alfredo Soria Bárcena** es Biólogo y Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con estudios sobre Filogenia Molecular y diversidad genética del género *Anolis* en México.  
[Alfsoria91@gmail.com](mailto:Alfsoria91@gmail.com)

**M**e atrevo a decir que cualquier hijo de vecino ha visto al menos a una «lagartija» una vez en su vida. Esos animalillos que correetean entre las piedras o debajo de ellas, por el suelo en el campo y los bosques, en los árboles, o por las paredes dentro de las casas en algunos sitios del país. Es decir, están por donde quiera, pero...

### ¿Qué sabemos de estos reptiles?

Generalmente que se comen a los insectos, que a mucha gente no le gusta ni verlos porque les tienen miedo, que hay quienes juegan con ellos, pero otros los apedrean o les arrancan la cola ¡¡por diversión!! , porque es un reto correetearlos.

México es uno de los países con **mayor biodiversidad**, y en particular, rico en especies del grupo de los reptiles. En el país tenemos más de 800 de estas especies reconocidas, y entre ellas, aproximadamente al 48 % les llamamos comúnmente «lagartijas». Particularmente en este artículo hablaremos de un grupo de lagartijas conocidas, entre los biólogos interesados en el estudio de los reptiles, como *Anolis*.

### Especies de lagartijas del género *Anolis*

Se trata de un grupo de **especies silvestres** de cuerpo esbelto cuyos colores en general suelen ser entre el gris y el café, lo cual no las hace atractivas a la vista. Sin embargo, hay algunas especies que muestran una gama de **colores atractivos** como el Anolis verde (*Anolis carolinensis*), el Anolis azul (*Anolis gorgonae*), o pueden ser muy llamativos como el Anolis Caballero o Cubano (*Anolis equestris*), que presenta una coloración verde intenso combinado con líneas verde pálido, por mencionar algunos ejemplos.

Una característica única que llama la atención en los *Anolis* son sus ojos, ya que a diferencia del resto de los animales, tienen una doble **capa fóvea**, característica que comparten con algunas aves rapaces, las cuales como ya se sabe, son capaces de identificar claramente a su presa desde el aire a varios metros de altura. En los *Anolis* se cree que esta adaptación les permite tener una muy buena **vista binocular**, lo cual les proporciona una gran ventaja

no solo al momento de divisar a su presa —generalmente insectos—, sino también para visualizar posibles depredadores, a un chistoso que le quiere atinar una pedrada o a un biólogo que se aproxima a colectarlas.

### Algunas lagartijas son atractivas

Lo más atractivo de estas lagartijas es la presencia de un **saco gular** ¡sí, un saco que está en el cuello! el cual es muy colorido, aunque no siempre es visible. Un dato curioso es que esta característica es predominante en los machos, mientras que en las hembras suele ser de tamaño reducido. Este saco gular puede ser de **colores sólidos o combinados** como el rojo claro, naranja y amarillo; también hay especies que tiene color morado, azul, grises, entre blanco y color crema, rosa, verde oscuro, entre otros.

Algo tan llamativo parece tener una función importante como la **interacción social** entre individuos de una misma especie, y en algunas interacciones conocidas, funciona **para el cortejo** de las hembras, **defensa territorial** a través de la demostración de dominancia y **reconocimiento** entre individuos de diferentes especies. Algunos estudios recientes proponen que la coloración del saco puede estar relacionada a la intensidad de luz que hay en el hábitat donde se encuentre una población de estas lagartijas.

Por más de 50 años, la clasificación taxonómica de los *Anolis* basada en características morfológi-



Abaniquillo costero maya,  
anolis café o anolis cubano

*Anolis sagrei*



Fotografía de Amhed Saúl Betancourt Ocampo



cas se ha enfrentado a la dificultad de poder distinguirlos claramente. Esto es, porque estas lagartijas presentan ciertas características morfológicas poco comprendidas, debido a que se les ha catalogado como «**Ecomorfos**», un término que se refiere a la capacidad de adaptarse al ambiente. Esto por supuesto complica una clasificación taxonómica que considera los patrones de coloración, porque significa que una especie **puede presentar el color del tronco de los árboles donde vive** o del suelo, o puede ser gris por el color de las rocas. El color se ha utilizado ampliamente en la clasificación de varias especies; no obstante, en el caso de los *Anolis* no ha sido muy útil. Además del color, existen otras diferencias bien documentadas tales como los cambios en el tamaño corporal, de las extremidades, en la conducta y en los hábitos en general.

#### Entonces, ¿qué herramienta es útil para clasificarlos?

Actualmente una herramienta que está resultando útil en la definición taxonómica de diversos grupos de animales vertebrados e invertebrados, es el **uso de marcadores moleculares de ADN mitocondrial (ADNmt)**. Se trata de secuencias de algunos genes del genoma mitocondrial que codifican proteínas tales como Citocromo b, Citocromo oxidasa I, NADH Deshidrogenasa, también las se-

cuencias del ARN ribosomal 12S, ARN ribosomal 16S, o la región que controla la síntesis del ADN y del ARN conocida como Región Control.

Con el uso de este tipo de marcadores moleculares de ADNmt, se ha encontrado que *Anolis* es un género muy diverso y con una enorme y rápida adaptación a su medio. Con los resultados de los estudios moleculares, se ha establecido que no todas las especies de *Anolis* (y muy seguramente en el caso de otras especies), se pueden agrupar por su similitudes o diferencias morfológicas, ya que éstas pueden estar **marcadas por las condiciones del hábitat que ocupen**.

Por ejemplo, la población de una especie de estas lagartijas que se encuentra viviendo en la copa de los árboles, puede presentar diferencia de tamaño, coloración y comportamiento comparada con una población de la misma especie, que se encuentre viviendo entre piedras y arbustos. En este sentido, el ejemplo más conocido es el del *Anolis verde (Anolis carolinensis)*, cuyas poblaciones están distribuidas en diferentes islas del Caribe y en Cuba, en Florida y hacia el sureste de Estados Unidos de América (EUA) y en el estado de Tamaulipas en México. Anteriormente, se creía que estas poblaciones correspondían a diferentes subespecies distribuidas en las islas, con un origen en el continente americano, específicamente en EUA. Sin embargo,





*Anolis nebulosus* (roño de paño o abaniquillo de pañuelo).  
Fotografía de José Alfredo Soria Bárcena.

el análisis del ADNmt reveló que todas las poblaciones pertenecen a la misma especie y que **su origen es la isla de Cuba**.

A través de las herramientas moleculares, también se ha establecido que la particular capacidad de adaptarse al ambiente, llamada ecomorfismo, está relacionada con la **regulación epigenética**, lo que significa que ciertos genes se «encienden» o «apagan» dependiendo, por ejemplo, de las **variaciones estacionales durante el año** (invierno, verano, temporada de lluvias o sequía, etc.). Esta regulación también ocurre durante el desarrollo embrionario, donde ciertos genes pueden transcribirse durante más tiempo o silenciarse, lo que da como resultado **cambios en la morfología del individuo**, tales como la longitud de las extremida-

des con respecto al tamaño del cuerpo, generando diferentes morfotipos dentro de la misma especie. Es decir, siguen siendo de la misma especie aún con esos cambios obtenidos según el ambiente.

Debido a que no solo con la observación de la morfología de los *Anolis*, es suficiente para clasificarlos por especie, es importante continuar con las investigaciones que usan marcadores moleculares como los del ADNmt para poder saber más sobre ellos.

**«Podemos seguir correteando lagartijas, en este caso a los *Anolis*, no para hacerles daño o divertirnos, sino con el fin de estudiarlos para asegurar su clasificación taxonómica»**



Riquelme F. y Martínez N. (2013). Analizan científicos de la UNAM lagartijas fósiles embebidas en ámbar. Boletín, UNAM-DGCS-510.  
[https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_510.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_510.html)

Mederos K. (2019). Las lagartijas, género *Anolis*. *Naturaleza tropical*.  
<https://naturalezatropical.com/la-lagartija-genero-anolis/>

Naturalista. (2019). Abaniquillos (Género *Anolis*).  
<https://www.naturalista.mx/taxa/36362-Anolis>

Algunas lagartijas del género *Anolis*. Originarias de América con cerca de 400 especies.  
<https://www.arcgis.com/apps/MapTour/index.html?appid=cd53afcdcoob474693f08297b7f3addc>



# ARTÍCULO

## Inmunidad como defensa ¿en plantas?

Cristhian Said Solis Ortiz y Homero Reyes de La Cruz



**Cristhian Said Solis Ortiz**, Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas en la Opción Químico Biológicas del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[saidsolis7@gmail.com](mailto:saidsolis7@gmail.com)

**Homero Reyes de La Cruz**, Profesor-Investigador responsable del Laboratorio de Biotecnología Molecular de Plantas del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[homeroreyes@yahoo.com](mailto:homeroreyes@yahoo.com)

**T**ienes las defensas bajas ¿Cuántas veces hemos escuchado la frase cuando nos enfermamos por haber contraído infecciones por algún tipo de agente patógeno como bacterias, virus, hongos o algún parásito? Si bien es cierto que todos tenemos una máquina que nos protege y defiende de estos agentes patógenos, también es cierto que no siempre tiene éxito, y es en ese momento, cuando atacan las infecciones causadas por estos bichos microscópicos o por ingerir huevecillos de parásitos que producen pavor y hasta repulsión como las tenias (*Taenia solium*), mejor conocida como **solitaria**.

### ¿Cómo es esta maquinaria de defensa?

La maquinaria de defensa de los seres humanos está compuesta por toda una red de células y respuestas humorales, tales como los macrófagos, Linfocitos B, Linfocitos T, basófilos, eosinófilos, tejidos como los ganglios linfáticos, entre otros, que son generados por nuestro propio cuerpo. Además, se ha descrito que el sistema inmunitario de los humanos tiene varias líneas de defensa: la **Inmunidad innata** (natural o inespecífica) que permite controlar la mayor parte de los agentes patógenos que llegan al organismo; la **Inmunidad adquirida** (adaptativa o específica) que proporciona al organismo una respuesta frente a cada agente infeccioso, y que además, se caracteriza por presentar memoria inmunológica propia, la cual evita que el mismo agente infeccioso provoque enfermedad en una segunda infección; y las **Barreras naturales**, como el cerumen de los oídos o el incómodo moco que sale por nuestra nariz, las cuales protegen de la infección de estos agentes patógenos.

Este tipo de **sistema defensivo no es exclusivo del humano**, también se ha descrito en otras especies animales (otros mamíferos, aves, anfibios, reptiles e incluso insectos), en los que se describe una maquinaria de células y respuestas humorales que son producidas por sus mismos órganos, para intentar contrarrestar enfermedades causadas por diferentes agentes patógenos como el parvovirus canino, la gripe porcina A(H1N1), la gripe aviar A(H5N1), la cisticercosis (causada

por *Taenia solium*), entre otros. Pero, ¿te has preguntado si otros seres vivos como las plantas, también cuentan con un sistema de defensa parecido al de los animales o al de nosotros?

### La respuesta es ¡sí!

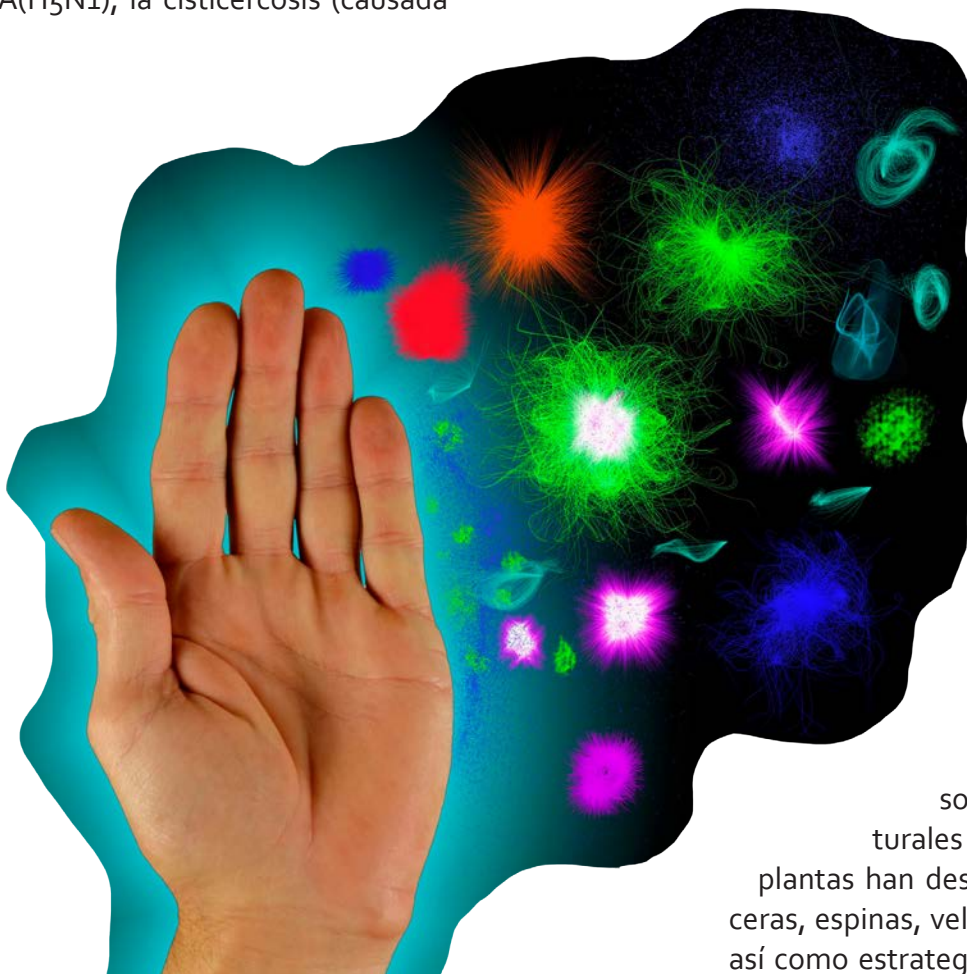
Por ser las plantas organismos sésiles, quizás pensamos que éstas solo nacen, crecen, se reproducen y mueren, y no se defienden de sus posibles atacantes. Las amenazas que mayormente conocemos son la falta de agua (sequía), el exceso de lluvia y las temperaturas extremas, factores clasificados como de **estrés tipo abiótico**, lo que significa que las plantas sufren de estrés.

Además de estas amenazas, también tienen problemas de salud como nosotros, provocados por microorganismos patógenos como las bacterias y los hongos, algunos insectos, nemátodos y virus, que son considerados como **factores de estrés biótico**. Ejemplos de ellos son: la bacteria *Xantomonas orizae* que causa la pudrición de cultivos de vainas de arroz; el hongo *Botrytis cinerea* causante del moho gris o pudrición de cultivos de fresa, zarzamora, tomate, entre otras siembras; y dentro de los virus, uno de los más comunes es el Virus del Mosaico del Tabaco que afecta principalmente al tabaco.

Como podemos ver, los humanos no somos los únicos que tenemos problemas de salud y de estrés. Las plantas también los tienen, de tal manera que, debido a sus estrategias de defensa son organismos que han **triunfado en la cadena evolutiva y selectiva**.

Hasta el momento, sabemos que las plantas son una alternativa efectiva para contrarrestar muchas de nuestras enfermedades, pues de ellas extraemos una gran cantidad de compuestos, algunos de los cuales son reconocidos como fármacos. Sin embargo, a estos seres vivos ¿Quién los protege o cómo se protegen?

Generalmente, lo más conocido de esta defensa vegetal son los mecanismos tanto estructurales como bioquímicos, ya que las plantas han desarrollado **barreras físicas** como ceras, espinas, vellosidades, tricomas, entre otras, así como estrategias para la síntesis de compues-





tos químicos que son el **arsenal para atacar a sus enemigos**, inhibiendo el embate o eliminándolos (ver *Saber Más* 51:19-21).

**Pero, ¿las plantas desarrollan inmunidad frente a sus atacantes?**

Aunque en las plantas no se ha descrito un sistema de respuesta inmune compuesto por células similar al de humanos, éstas han desarrollado mecanismos que detectan la presencia de microorganismos patógenos, donde las moléculas liberadas suelen ser reconocidas por receptores acoplados a la membrana de las células de las plantas. Posteriormente a esto, se desencadenan una serie de **señales intracelulares** que generan la liberación de fitohormonas como el ácido salicílico, el ácido jasmónico y el ácido abscísico, los que además de regular el crecimiento y desarrollo vegetal, también regulan la **expresión de genes de respuesta inmune** de las plantas. Así es, las plantas tienen mecanismos considerados como de inmunidad; pero, ¿cómo es esta respuesta?

Estas moléculas activan diversos genes de defensa para mejorar la fortificación de la pared celular, para la **producción de proteínas** de resistencia a patógenos, para la producción de metabolitos secundarios como la camalexina, que funciona como una fitoalexina y cuya función es la de disuadir a patógenos como bacterias y hongos.

Por si fuera poco, las plantas tienen sistemas de defensa contra patógenos que se asemejan al de nosotros, pues en éstas también se desencadenan respuestas rápidas ante infecciones y respuestas de memoria, mecanismo descrito como la **respuesta hipersensible** en plantas, que consiste en que las células que han sido infectadas en una parte de la planta, mueren para evitar la propagación de la infección hacia los demás órganos de la planta, deteniendo así el avance del patógeno. Además, las plantas cuentan con la **respuesta sistémica adquirida**, que implica mecanismos complejos de señalización desde donde es el ataque hacia toda la planta; es un mecanismo que alerta para atacar al patógeno y que induce otras formas de defensa.

Actualmente esto puede causar controversia, ya que cuando hablamos de sistema inmune, inme-

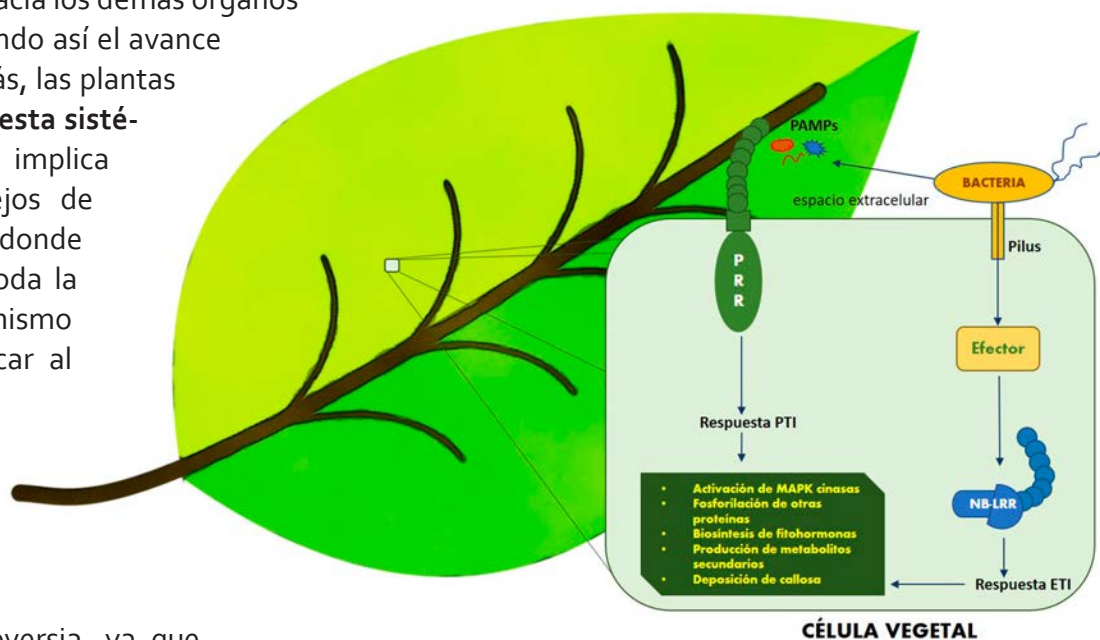
diatamente pensamos en células de defensa especializadas y anticuerpos. Aunque hasta el momento, no se ha descrito que las plantas generen este tipo de células o partículas especializadas que reconozcan patógenos y los eliminen, ya vimos que tienen células que cuentan con diversos mecanismos generados por ellas mismas para protegerse.

Si bien se evita llamarle sistema inmune a estos mecanismos que ocurren en las plantas, nombrándose como respuesta de defensa contra patógenos, con el análisis de ciertas respuestas de defensa se observa que se asemejan tanto en humanos como en plantas, lo cual nos hace relacionar ambos conceptos, señalando de esta manera y tajantemente que, si bien no se les llama igual, el objetivo de estos sistemas es el mismo: **la defensa del hospedero**.

Adicionalmente, las plantas cuentan con líneas de defensa las cuales son inmunidad asociada a patrones moleculares asociados a patógenos (PTI, por sus siglas en inglés) e inmunidad asociada a efectores (ETI, por sus siglas en inglés), donde la primera línea es activada por patrones moleculares asociados a patógenos (PAMPs, por sus siglas en inglés); mientras que la segunda línea de defensa es activada por efectores moleculares y es una línea de defensa más robusta y sostenida que la primera.

**La respuesta inmune como defensa en plantas**

Cabe mencionar que en humanos también se reconocen diferentes PAMPs a través de la maquinaria involucrada en la respuesta inmune. Ambas líneas de defensa en plantas, regulan la **expresión de fitohormonas** como el ácido salicílico y el ácido jasmónico, los cuales pueden tener actividades





independientes, sinérgicos o de competencia entre sí, dependiendo de las necesidades de defensa de la planta.

Comparando ambos sistemas, el de plantas y el de mamíferos, los dos tienen mecanismos de reconocimiento de patógenos; ambos tienen memoria de defensa; en ambos casos el reconocimiento de un patógeno implica la activación de cascadas de señalización que activa la producción de otras sustancias que ayudan en la defensa; ambos tienen respuestas localizada y sistémica; y además, recientemente se reporta que en plantas, la preexposición a moléculas de origen microbiano, puede ayudar a entrenar el sistema de defensa y a desencadenar respuestas efectivas en eventos posteriores ante los patógenos.

Esto último, es similar al efecto que presentan las vacunas hechas con virus atenuados, que ayudan a entrenar al cuerpo humano para eventos de exposición posterior, como es el caso de las vacunas contra el sarampión, la hepatitis B o la influenza. Todo lo anterior resulta interesante, ya que abre una puerta hacia **nuevas alternativas para el cuidado de cultivos** de interés agrícola, lo cual se puede traducir en la reducción de pérdidas económicas en ese sector a causa de infecciones por patógenos.

Aún quedan dudas por esclarecer acerca del sistema de defensa de las plantas; sin embargo, como aporte inicial, en este artículo expusimos un análisis concreto que permite aseverar que las plantas tienen un sistema inmune como parte de sus respuestas de defensa contra patógenos.



Ojito-Ramos K. y Portal O. (2010). Introducción al sistema inmune en plantas. *Biotecnología vegetal*, 10(1):3-19.  
<https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/266/240>

Toche P.P. (2012). Visión panorámica del sistema inmune. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(4):446-457.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864012703358>

Jiménez G.S., Ducoing H.P. y Sosa M.R. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3):355-363.

<https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf>



# ARTÍCULO

## Los lagos: Testigos del pasado

Rodrigo Martínez Abarca



*Rodrigo Martínez-Abarca*, Estudiante del Posgrado en Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de México.  
[lurodrimtza10@ciencias.unam.mx](mailto:lurodrimtza10@ciencias.unam.mx)

**A**demás de la belleza paisajística y los recursos ecosistémicos que estos proveen, los lagos brindan valiosa información del pasado climático y ambiental a nivel regional e incluso global. El área de la ciencia que se encarga de interpretar las variaciones en los cuerpos de agua en el pasado y sus probables causas, así como analizar la respuesta de los lagos ante cambios en el clima, hidrología, incendios, inundaciones, vulcanismo, tectonismo, etc., es la **paleolimnología**.

Los lagos funcionan como trampas en las que el material producido, fuera y dentro del sistema,

es depositado. A dicho material se le conoce como «sedimento» y puede clasificarse en: 1) **detrítico**, producido por el desgaste o erosión de una roca (T1); 2) **autigénico**, producto de la precipitación de iones en disolución en el agua (T2); y 3) **biogénico**, compuesto por restos de organismos que vivieron en la columna de agua, así como por estructuras orgánicas que se produjeron fuera del lago (T3).

Para analizar el pasado climático de una región se realizan perforaciones en el fondo de los lagos, de donde se obtienen secuencias sedimentarias o «sondeos» que contienen el sedimento acumulado en distintas **escalas temporales**. Debido a su buena preservación, los sondeos permiten a los paleolimnólogos analizar los diferentes indicadores presentes en el sedimento para conocer las características ambientales y climáticas del pasado. A continuación, se presentan algunos grupos de indicadores empleados en los estudios paleolimnológicos.

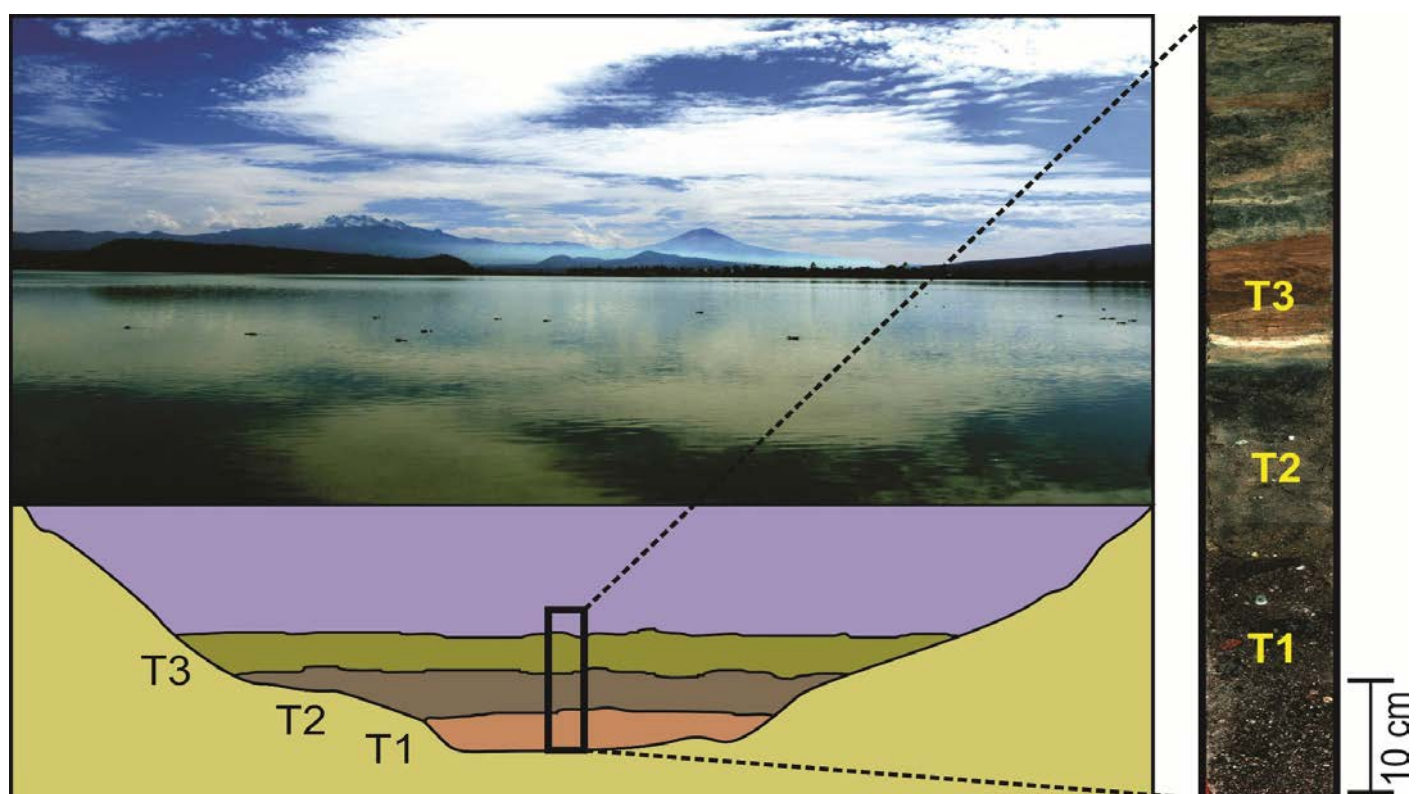
### Polen

Los granos de polen (células reproductivas masculinas de plantas con semilla) y de esporas (unidad reproductiva de briofitas, musgos y helechos), **se dispersan en el ambiente** depositándose en el fondo de los lagos, ofreciendo **evidencias de la flora** pasada a partir de sus características mor-

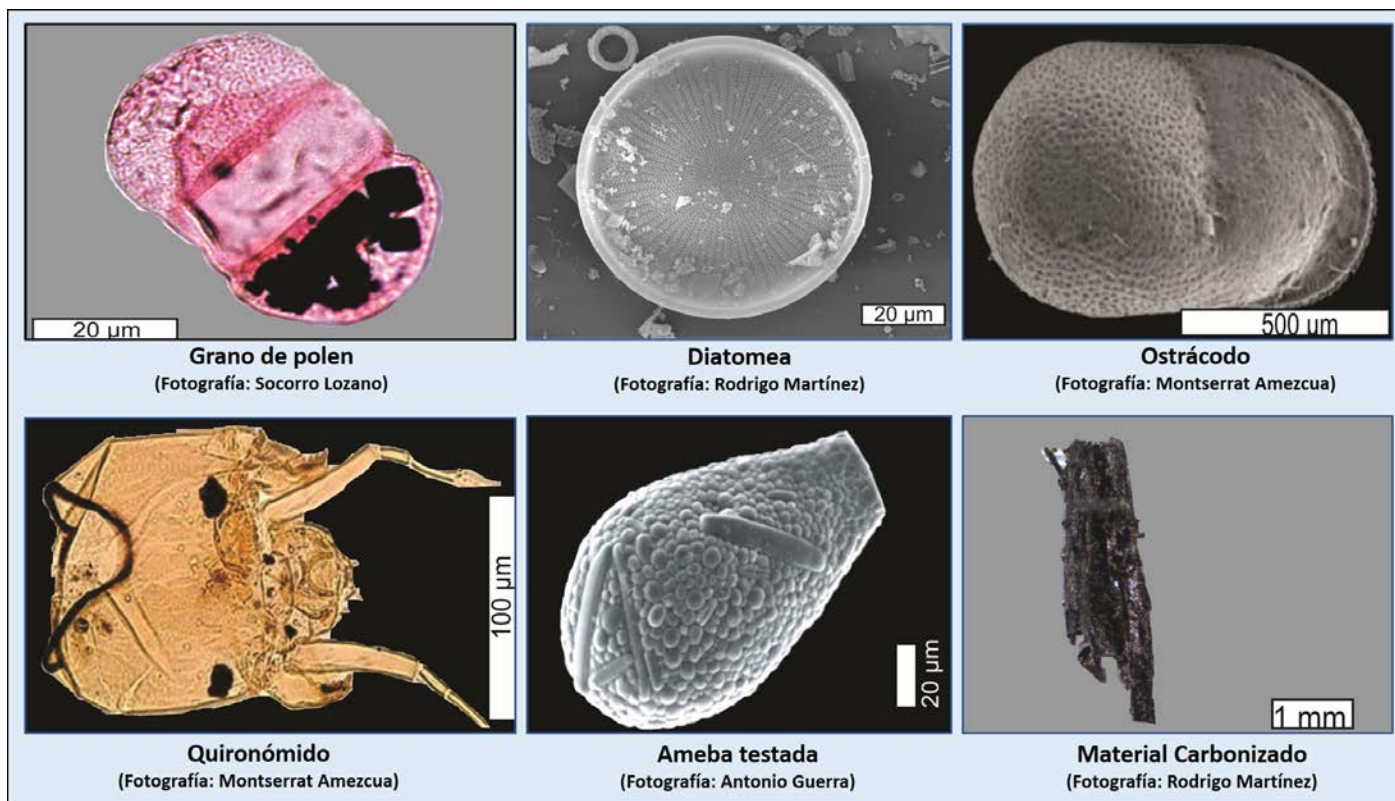
fológicas. El tamaño de los granos oscila entre 5 y 500 micrones ( $\mu\text{m}$ ). La capa externa de la pared de los granos de polen (exina) está compuesta por esporopolenina, un biopolímero resistente a la degradación química y física. Debido a su abundancia en los ecosistemas (algunas plantas con flores pueden producir hasta 10 000 granos de polen por antera), así como por su buena preservación, el polen constituye una herramienta en la reconstrucción de la **dinámica de la vegetación** asociada a la variación climática en el pasado (p. ej. temperatura y humedad).

### Diatomeas

Las diatomeas son **microalgas** de entre 10 y hasta 200  $\mu\text{m}$ . Dependiendo de la especie, las diatomeas pueden vivir en la columna de agua (plancónicas) o en la superficie del sedimento (bentónicas). Son importantes productores primarios y excelentes **marcadores de cambios ambientales**. Estos organismos tienen una cubierta celular de sílice que forma una estructura rígida llamada frústula. Su identificación en el sedimento permite la reconstrucción de la temperatura, profundidad, estado trófico, pH, salinidad, oxigenación del fondo, entre otros. La taxonomía de diatomeas depende en gran medida de su morfología, que las divide básicamente en dos grandes grupos: centrales y penales.







### Ostrácodos

Los ostrácodos son **microcrustáceos** cuyas partes blandas están cubiertas por un caparazón bivalvo de carbonato de calcio, carente de líneas de crecimiento y que puede preservarse en el sedimento lacustre. Estos organismos **habitan en todos los ecosistemas acuáticos** debido a su plasticidad ecológica que les permite tolerar diversas condiciones ambientales. Se han descrito cerca de dos mil especies no marinas. Diferentes factores modifican la distribución de los ostrácodos en los sistemas acuáticos, algunos de ellos son: 1) características físicas del hábitat (profundidad); 2) físico-químicas (temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, composición iónica); 3) tipo de sustrato; 4) presencia de vegetación acuática; 5) disponibilidad de alimento, entre otras. Derivado de lo anterior, los ostrácodos son buenos indicadores paleolimnológicos de profundidad, pH, temperatura y composición iónica principalmente.

### Quironómidos

Los quironómidos son **insectos** de la familia Chironomidae. Representan uno de los grupos de insectos más abundante con cerca de cinco mil especies descritas. Estos insectos viven una parte de su ciclo de vida en la atmósfera (estadio adulto). Cuando se reproducen, depositan sus **huevos** en masas gelatinosas sobre la superficie de los la-

gos que posteriormente son trasladadas al fondo donde eclosionan y desarrollan larvas. Las **larvas**, después de unas semanas o días, evolucionan a la **etapa adulto** para iniciar el ciclo nuevamente. Los quironómidos en etapa larval tienen dos partes diferenciadas, un cuerpo segmentado y una cabeza o cápsula cefálica con dientes, mandíbulas y antenas bien desarrolladas. Las cápsulas, formadas de quitina, se preservan en los sedimentos por lo que su identificación permite la reconstrucción limnológica de los lagos en términos de temperatura, oxigenación, salinidad, estado trófico, entre otros.

### Amebas testadas

Las amebas testadas son **protozoarios unicelulares** que viven en hábitats terrestres como suelos, hojarascas, turberas, etc., y en hábitats de agua dulce como lagos, ríos y cenotes. Estos organismos construyen una estructura rígida, conocida como teca, **altamente resistente a la descomposición**. La teca se clasifica en dos tipos en función del material que la compone. La primera, compuesta por sustancias que el propio organismo secreta (proteínicas y silíceas), es llamada **autógena**. La segunda, conformada por partículas que el organismo aglutina del ambiente (minerales, frústulas de diatomeas, etc.), se conoce como **xenógena**. La presencia de tecas en los sedimentos lacustres, hace a las amebas indicadoras paleoambientales.

A partir de su identificación es posible reconstruir cambios en el pH, temperatura, estado trófico, salinidad, entre otros.

### Material carbonizado

Posterior a un incendio forestal, restos de partículas carbonizadas llegan al fondo de los lagos. Su preservación y posterior análisis permite la **reconstrucción de incendios** en términos de su frecuencia y severidad, así como los **factores que los generan** (clima, vegetación, insolación, actividad volcánica). Se ha propuesto una división en función del tamaño, señal primaria para aquellas que rebasan las 100 µm de diámetro y señal secundaria para material menor a ese tamaño. Las partículas más grandes, se ha propuesto, provienen de fuentes lejanas o regionales, mientras que las más chicas provienen de fuentes cercanas o locales.

### Indicadores geoquímicos inorgánicos

El material que se deposita en los lagos proviene de diferentes fuentes, por lo que conocer la composición elemental de los sedimentos **permite reconstruir el ambiente en el que se formaron**. Son múltiples las técnicas geoquímicas que se pueden aplicar a los sedimentos. Algunas de las inferencias realizadas con geoquímica son: a) estado trófico (fósforo); b) potencial Redox (hierro y manganeso); c) acidificación (metales traza como cadmio, zinc, plomo, cobre, entre otros); d) erosión o escorrentía (elementos detríticos como titanio y aluminio); y e) salinidad (sodio, cloro, potasio y magnesio). La interpretación de los elementos para

reconstruir los cambios limnológicos debe hacerse cuidando las limitaciones de esta metodología, aspecto que debe tenerse en cuenta antes de iniciar cualquier estudio.

### Un ejemplo particular: Lago de Chalco

El Lago de Chalco es uno de los sitios más estudiados por los paleolimnólogos en México dado el amplio registro temporal que posee. El lago, ubicado al sur de la cuenca de México (actualmente Ciudad de México), es un cuerpo somero (1-2 m de profundidad) con un **registro sedimentario que abarca aproximadamente 0.46 millones de años**. Desde la década de los 90's del siglo pasado, el registro sedimentario fue estudiado por científicos para reconstruir el pasado climático de la cuenca. Los primeros estudios incluyeron análisis de diatomeas, polen, magnetismo y geoquímica, con lo que se logró reconstruir los últimos 19 mil años. Con el paso del tiempo, nuevas técnicas fueron empleadas, se obtuvieron nuevos fechamientos y se mejoró la resolución de los muestreos, de modo que, actualmente **se conoce la variabilidad climática de los últimos 150 mil años**.

Hoy conocemos varias cosas interesantes. Por brindar un ejemplo, se ha observado que hace 21 mil años el periodo climático conocido como el **Último Máximo Glacial** (registrado en el hemisferio norte), modificó de manera considerable el paisaje del centro de México, de manera que las comunidades de diatomeas, polen, así como los registros geoquímicos en el Lago de Chalco, registran condiciones frías y secas.



Escobar J., Restrepo J.C. y Martínez J.I. (2005). La paleolimnología como herramienta para el estudio y manejo de embalses. *Gestión y Ambiente*, 8(2):51-59. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169421174004.pdf>

Caballero M. (2013). Paleolimnología: como descifrar la historia de los lagos y su entorno a partir del estudio de sus sedimentos. *Paleontología Mexicana*, 3(1):22-28.

<http://www.ojs-igl.unam.mx/index.php/Paleontologia/article/view/172>

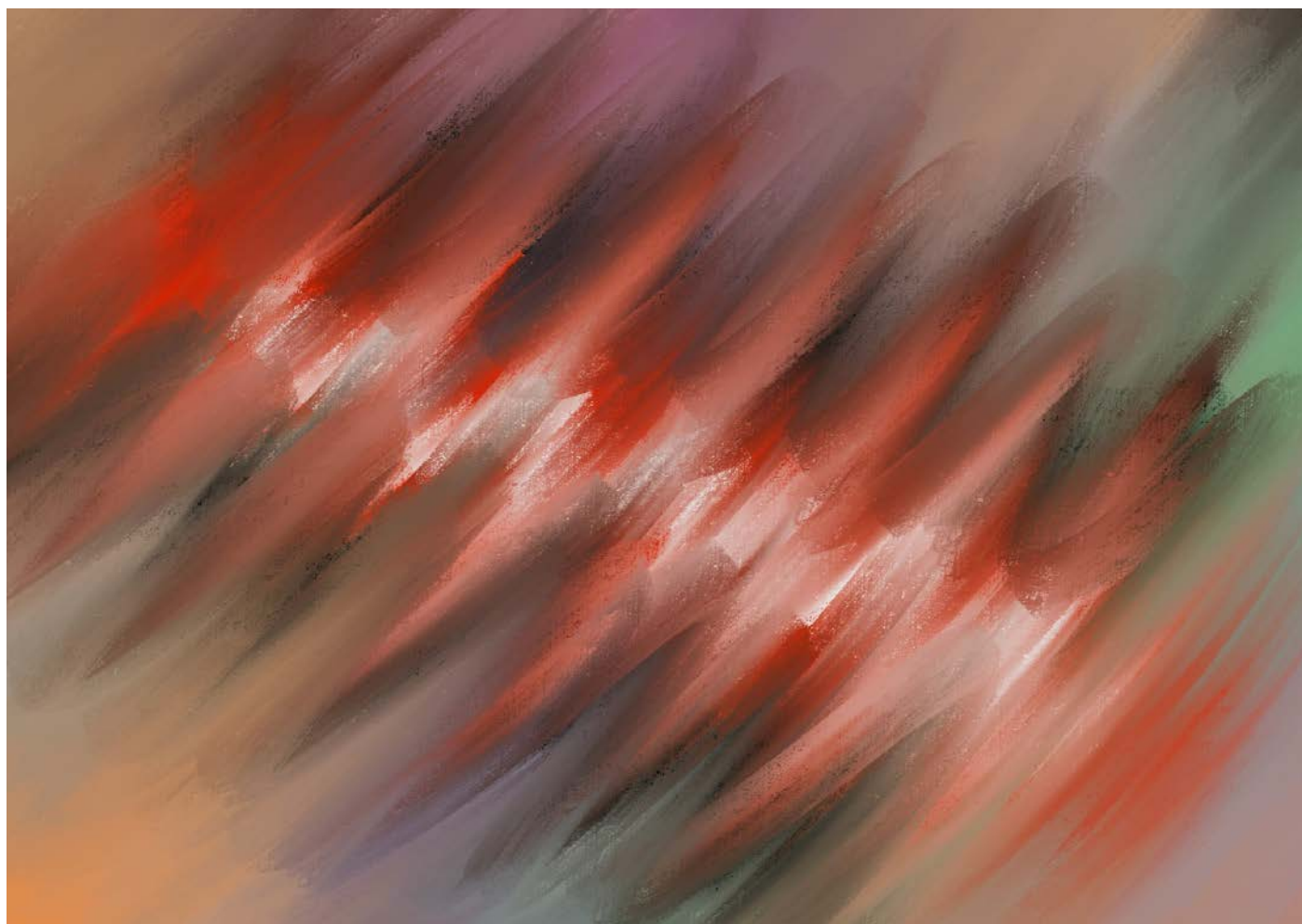
Pérez L., Massaferrero J. y Correa-Metrio A. (2017). *Paleobioindicadores lacustres neotropicales*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/273>



## ARTÍCULO

# La distancia en la pintura: De Cacaxtla a Picasso

Erick Daniel Cruz Mendoza



*Erick Daniel Cruz Mendoza*, Estudiante de la Maestría en Comunicación y Cultura Digital (FCPyS) en la Universidad Autónoma de Querétaro.

[cm.erick18@gmail.com](mailto:cm.erick18@gmail.com)

**N**ombramos como distancia al espacio entre dos o más puntos. Dicho espacio puede ser temporal o longitudinal, del modo que **la distancia llega a ser poca, mucha, larga o corta**. Así pues, cuando preguntamos, ¿cuál es la distancia entre Tlaxcala (México) y París (Francia)? estamos hablando necesariamente de magnitud. La respuesta lógica a tal cuestión está vinculada con el espacio entre dos lugares, el cual se puede medir utilizando las unidades temporales o longitudinales. Por ejemplo, si alguien responde «La distancia entre Tlaxcala y París es larga» o «Son 9 140 km entre estos sitios», se entiende que para ir de un lugar

al otro se debe reservar una considerable cantidad de tiempo porque el transcurso es extenso, independientemente del transporte que se utilice.

Además de las anteriores, existe otra manera de cavilar la distancia entre estos lugares. Por decir, habrá quien exprese que «En lo relacionado con las artes, París está a años luz de Tlaxcala, muestra de ello son las pinturas producidas en dicho lugar, como lo es *Guernica* de Pablo Picasso». De entrada, el sentido figurado de la oración invita a pensar que en París se produce **mejor** pintura que en Tlaxcala, lo cual no se discutirá aquí, pero, ¿qué sucede si recuperamos de forma literal la oración **¿Es posible vislumbrar la distancia entre un punto y el otro tomando como referencia el arte pictórico?**

### Entre la distancia y el arte

Francisco Fernández de Miguel, responsable del Programa de Neurociencias del Centro de Ciencias de la Complejidad de la UNAM, tiene una respuesta ante dicha cuestión. En 2017 realizó un ejercicio comparativo entre los murales *La Batalla*, realizado en Cacaxtla (Tlaxcala) entre los años 750 y 850 d.C. y, *Guernica*, pintado por Picasso en 1937 en

París (Francia). El propósito de comparar estas dos obras, recuperadas de periodos históricos dispares, fue el de analizar los **principios estéticos** mediante los cuales fueron elaboradas dichas pinturas, para dar cuenta de la existencia de **normas o directrices de alcance universal** que han trascendido en el arte a través de la historia.

A pesar de que por razones obvias relacionadas con la distancia histórica, Picasso no tuvo contacto con la cultura Olmeca-Xicalanca, su cuadro reproduce reglas de composición y de color utilizadas por los tlaxcaltecas siglos antes, pero, ¿cómo es esto posible?

A través de la investigación en neurofisiología, Fernández del Miguel teje un puente para **comprender la distancia entre la ciencia y el arte**. La primera impresión al ver el mural *La Batalla* es de belleza, debido a la riqueza de colores que alberga; sin embargo, cuando se observa a detalle la obra, el espectador se da cuenta de la violencia expuesta: cinco parejas, de las cuales, en cuatro de ellas uno de los guerreros sacrifica a otro. ¿Qué pasa con este mural que a primera vista parece bello y al analizarse se percibe como violento?



La Batalla. Fuente: <https://www.inah.gov.mx/foto-del-dia/5642>

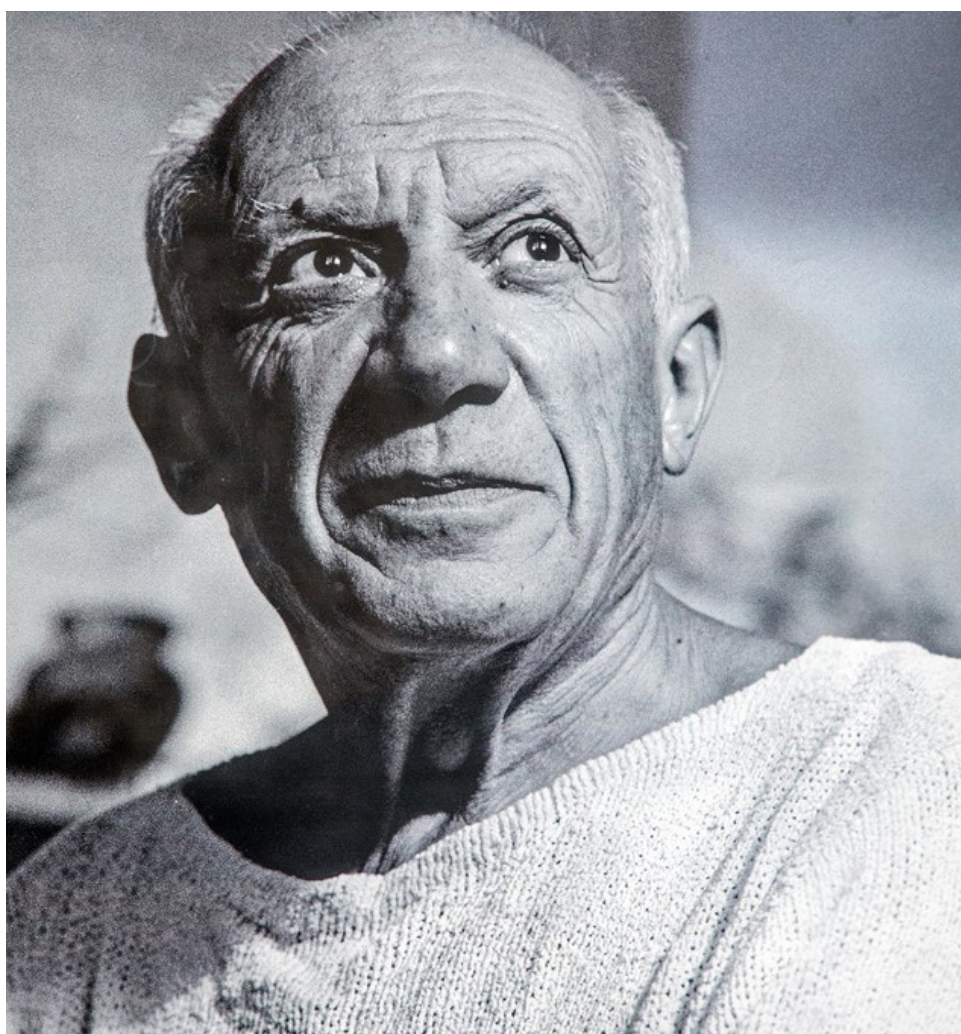


El investigador utilizó esta pintura para estudiar cómo percibimos desde el punto de vista del **sistema nervioso**. Nosotros tenemos dos procesamientos visuales, que son complementarios, pero distintos en la naturaleza. El primero es la **visión monocromática**, lo que nos permite ver en blanco y negro, este contraste permite distinguir patrones en condiciones muy distintas de iluminación. Por otro lado, la **visión diurna** tiene un umbral muy alto mediante receptores que perciben la luz y su composición de colores. Lo anterior se debe a que la visión se basa en la excitación e inhibición de los colores primarios (blanco, cian, magenta y amarillo), luego, para ver los colores secundarios y terciarios, el sistema visual promedia la cantidad de luz, lo que posibilita ver el color rosa, el morado y el naranja.

En la pintura de Cacaxtla existen **contrastes primarios** entre rojos, azules, blancos y amarillos. «Parece ser que los artistas de Cacaxtla, de alguna manera eran neurólogos empíricos, entendieron

muy bien lo que estaban haciendo. Pero eso no es solo en Cacaxtla, en Teotihuacán se obtuvo el mismo resultado, los mismos contrastes de colores primarios utilizados de la misma manera para producir sensaciones distintas. Los murales prehispánicos que hemos estudiando están hechos como si los artistas hubieran pintado a partir de los principios básicos del funcionamiento del sistema nervioso».

Sobre la composición de *La Batalla*, existen líneas de referencia trazadas a partir de las rodillas de los guerreros, en donde se forman ejes dentro de la pintura, esto nos habla de la propuesta estética sobre la cual está basado el mural, ¿a qué se parece esto? al *Guernica*. «El centro está dominado por una pirámide, de la cual parten líneas que cruzan, Picasso se basa en el mismo procesamiento y los resultados se observan cuando se sobrepone Cacaxtla y *Guernica*. Esto lo explica Jung a través del concepto de Arquetipos: situaciones en las que independientemente de la cultura y del tiempo, el



Pablo Picasso. Fuente: <https://www.aarp.org/espanol/entretenimiento/musica-cultura/info-2019/fotos-pablo-picasso-icono-del-siglo-20-ernesto-lechner.html>



Guernica

humano llega a conclusiones similares, como ejemplo, la propuesta estética de dos culturas que no tuvieron relación».

Ambos murales ayudan a entender aspectos básicos de la percepción; pinturas hechas en dos planos, con bases y contrastes cromáticos y una propuesta estética universal. De esta manera, se construye una ruta para comprender **cómo funciona el cerebro en cuanto a la percepción visual**, lo cual es importante porque contribuye a conocer

más sobre los procesos de recepción e interpretación de información del cuerpo, y también, porque este tipo de investigaciones rompe con los ideales de la creación artística. «Los estudiosos del arte le han atribuido a Leonardo Da Vinci el uso de los contrastes cromáticos en la pintura antes que nadie, pero los murales de Cacaxtla, Teotihuacán, Bonampak contienen esa técnica, 600 años antes de que la usara Da Vinci», así lo dijo Fernández de Miguel en entrevista para *El Economista*.



Colchado-Flores I. (2017). Arte y ciencia para el cerebro. *Boletín*, 2:1-2. <https://www.c3.unam.mx/boletines/boletin2.html>

Fernández de Miguel F. (2018, 6 de noviembre). *Arte y Ciencia para el Cerebro* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=pm4cafp1jYo>

Fernández de Miguel F. (2017). Testimonios recuperados del "Simposio internacional Arte y Neurociencia", UAM Xochimilco - Laboratorio Arte Alameda. Conferencia: *¿Qué nos enseña el arte mural prehispánico acerca de nuestra percepción visual?*

Sánchez N. (2018). Nuestro cerebro, el origen de la belleza. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/arteseideas/Nuestro-cerebro-el-origen-de-la-belleza-20180131-0062.html>

Villaseñor N. (2016). Fernández de Miguel, pasión por la enseñanza de la ciencia. *Ciencia mx Noticias*. <http://www.cienciamx.com/index.php/sociedad/personajes/5574-fernandez-de-miguel-lealtad-a-mexico-y-amor-por-la-ciencia-semblanza>



# ARTÍCULO DE PORTADA

## Los tamandúas viven bajo un paraguas

Emiliano Tariácuri Cano Zavala







**H**oy por la mañana, al despertar y mientras preparaba mi desayuno, decidí encender la televisión como ruido de fondo para que me hiciera compañía: estoy en lo más duro de la contingencia por el Covid-19 en Madrid... Después de darle los toques finales a mis huevos con salsa y servirme un buen vaso de jugo de naranja, me senté en el sillón y finalmente comencé a poner atención en lo que pasaba por la tele.

Me encontré con un documental de animales, así que hice lo más normal: inmediatamente cambié el canal... pero al no haber nada mejor, decidí optar por mirar algo en una de las tantas páginas de *streaming* que existen actualmente. Comencé la búsqueda entre las largas listas de series, películas y documentales, solo para darme cuenta de algo, que estoy bastante seguro no es solo mi caso: no me gustan los documentales...

Esto podría ser algo normal para muchos, pero no para mí, ya que, además de ser biólogo, recuerdo que cuando era niño y desde que tuve conciencia, siempre amé los documentales, especialmente los que hablaban sobre dinosaurios y todo tipo de animales. Al recordar esto, no pude evitar

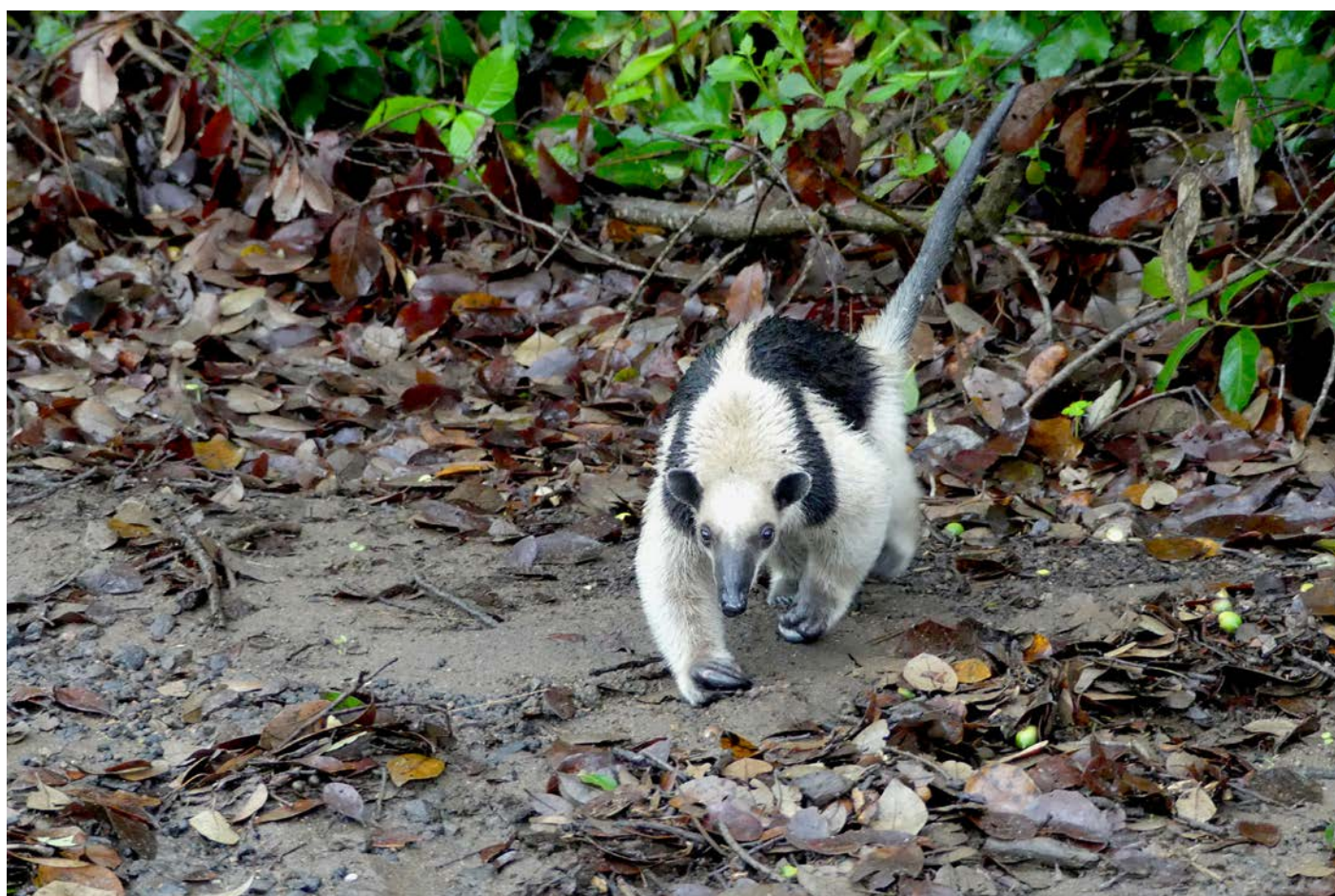
pensar en qué pasó, desde esa época hasta la actual, ¿qué me hizo odiar estos programas que antes me hacían tan feliz? Después de un buen rato pensando, finalmente llegué a la conclusión de que no los odio, si no que me aburren los animales que suelen protagonizarlos.

Estoy cansado de que, en su mayoría, **los documentales hablan de los mismos animales** (chimpancés, suricatos, elefantes, pandas, monarcas y delfines), como si fueran los únicos que importan. Al darme cuenta de esta preferencia, recordé un término que aprendí mientras estudiaba la carrera de biología: «**especie sombrilla**».

### ¿Qué son las especies sombrilla?

En pocas palabras, se refiere a las **especies animales seleccionadas** para tomar decisiones relacionadas con la conservación, y gracias a las cuales muchas otras especies son protegidas de forma indirecta.

Por supuesto, las especies sombrilla son necesarias para ayudar a **proteger a otros animales**, pero a mi parecer, es un beneficio que trae un poco de desgracia para aquellos animales que viven bajo







Tamandúa mexicana

la sombrilla, ya que las personas y especialmente los científicos, acabamos ignorando la existencia de los otros, porque no parecen tan emocionantes como un jaguar, o no son tan misteriosos como un lobo, o no son parte de las historias de terror como los murciélagos.

**«Es aquí donde finalmente le puedo dar sentido al título de este escrito y empezaré por hablar sobre los tamandúas, unos organismos que, por desgracia, son poco conocidos»**

Comenzaré diciendo que los tamandúas, pertenecen a un grupo conocido como el suborden Vermilingua o ¡**los lengua de gusano!**, nombre dado por unas características lenguas muy largas, con una saliva muy pegajosa y que tienen la función de atrapar a las presas. En este grupo encontramos a los osos hormigueros (que a pesar de su nombre, no están relacionados con los osos verdaderos), conformados por tres especies de animales diferentes: 1) el **hormiguero gigante** que puede llegar a medir hasta dos metros de largo, sin contar su larga lengua que puede alcanzar hasta un metro; 2) el **hormiguero pigmeo**, que alcanza tamaños de

hasta un máximo de 45 cm y viven exclusivamente en árboles a diferencia de lo hormigueros gigantes, que son exclusivamente terrestres; y 3) los **tamandúas** que son los más versátiles, ya que son tanto terrestres como arborícolas.

#### **Pero, ¿quiénes son los tamandúas?**

Los tamandúas, al igual que sus parientes más cercanos, son animales que viven única y exclusivamente en el continente americano y se dividen en dos especies, *Tamandua mexicana* y *Tamandua tetradactyla*, de las cuales podemos encontrar a los primeros, desde la parte central de México hasta Venezuela, Colombia y Ecuador; mientras que, a los segundos los encontramos desde Venezuela, Colombia y Ecuador, hasta Argentina y Uruguay pasando por parte de Perú, Bolivia, Paraguay, y encontrándose especialmente en Brasil. Estas dos especies están separadas y limitadas únicamente por la Cordillera de los Andes.

Intentado describirlos de la forma más fiel posible, diría que **los tamandúas son animales de un tamaño mediano**, comparable al de un gato o un perro no muy grande; aproximadamente metro y medio desde la punta de la nariz hasta la punta de la cola; orejas redondas y muy pequeñas; ojos pe-



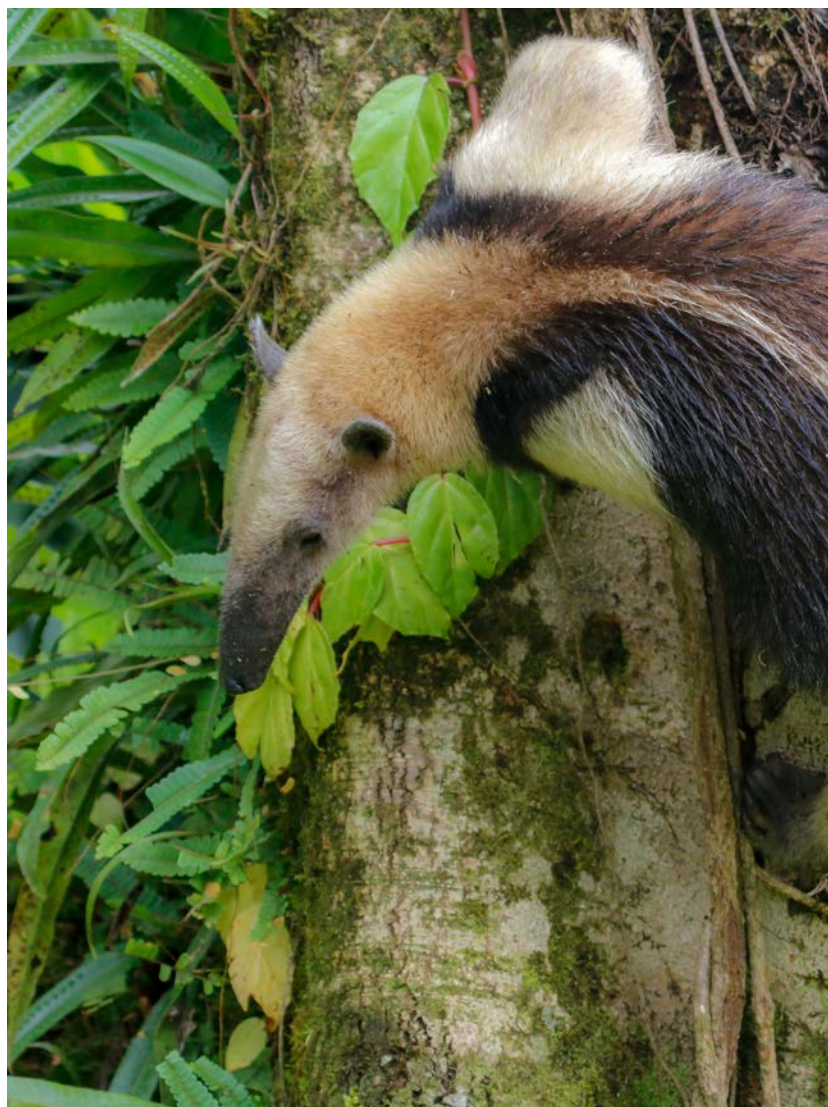
queños, parecidos a los de un peluche; hocico muy alargado; y cola larga y fuerte, capaz de agarrarse de las ramas de los árboles y que carece de pelo en la punta. Su color suele variar desde el crema hasta el amarillo, con una porción del pelaje negro que asemeja a un chaleco (aunque como suele pasar con muchos animales, también puede ser totalmente negro o blanco), y unas garras muy grandes en las patas delanteras, hechas especialmente para excavar y que los obligan a caminar con la parte externa de las patas, haciendo que **dejen una huella característica con forma de media luna**. Además de esta corta descripción, es importante y a mi parecer muy interesante, resaltar que estos pequeños animales **no tienen ni un solo diente**, y esto se debe a que para alimentarse solo utilizan una lengua muy larga y pegajosa que introducen en los hormigueros o termiteros, para que los insectos se queden pegados a ella y así tragarlos.

Los tamandúas en general **no son animales agresivos**, pero son capaces de defenderse, y si se sienten amenazados, adoptan una curiosa postura: sobre sus patas traseras y con las patas delanteras extendidas de lado a lado, como si estuvieran a punto de abrazar a sus agresores, y ese es el punto, **abrazar y clavar las grandes garras** a todo aquel que lo moleste lo suficiente como para hacerlo sentir en peligro. Esto, para algunos podría parecer un chiste, pero no debe ser tomado como una broma, ya que puede resultar en una mala experiencia y un viaje al hospital, pues son capaces de abrazar con mucha fuerza, e incluso, es bien sabido que sus parientes más cercanos, los hormigueros gigantes, son **capaces de matar a un jaguar** utilizando este mismo método de defensa.

Son **animales muy solitarios** que recorren diariamente su territorio en busca de colonias de termitas u hormigas, llegando a visitar hasta 50 u 80 colonias por día. Los tamandúas viven en las selvas tropicales con grandes cantidades de árboles, que utilizan para esconderse, descansar o en los que duermen, ya que utilizan sus oquedades como madrigueras, y tienen grandes territorios que **puede llegar a ocupar hasta 25 hectáreas** (250,000 m<sup>2</sup>), por lo que es muy difícil ver a más de uno de ellos, con excepción de las madres, que **cargan a sus crías en la espalda**, para que parezca que son un mismo animal y así protegerlas.

### ¡Los tamandúas están en peligro!

Una vez descritos los aspectos de la vida y características de un tamandúa, debo mencionar que el hecho de que formen parte de los otros, los desconocidos, no los aleja del peligro, ya que actualmente son una **especie que se encuentra amenazada**, situación que es resultado de la unión de muchos factores.



Primero que nada, son animales que como ya mencioné, necesitan espacios muy grandes para vivir, por el simple hecho de que no es fácil encontrar suficientes colonias de hormigas en espacios menores a las 25 hectáreas que normalmente forman parte de su territorio, por lo que son muy sensibles a la **pérdida de hábitat, la deforestación** o incluso cambios que para muchos parecerían poca cosa, como una carretera que atraviesa una porción de selva. Para nosotros, esa carretera significa comuni-



cación entre ciudades o pueblos, pero para muchos animales como los tamandúas, esto representa **una barrera que los pone en peligro**, ya que es común encontrarlos atropellados, luego de intentar cruzar las vías que no formaban parte de sus territorios y sobre las que no tienen manera de defenderse.

Algunos otros son víctimas de **la desinformación y las creencias**. Es común en algunas zonas rurales, la creencia de que los tamandúas se comen



las frutas de los cultivos humanos, e incluso existe el mito, de que se meten a las casas por la noche y **te succionan el cerebro a través de los oídos** con ayuda de sus lenguas, así que son cazados y masacrados por crímenes que son incapaces de cometer.

Podría seguir enlistando causas por la que los tamandúas se encuentran en una mala situación, pero creo que el punto ha sido expuesto, así que trataré de pasar a la parte que para mí es la más complicada de explicar, tratar de justificar **por qué son**

**importantes los tamandúas**. Lo complicado aquí, no es justificar para uno mismo, porque claro que sé por qué son importantes y para qué sirven, pero tratar de explicar lo que sé y creo a otra persona, y convencerla, es una de las tareas más complicadas que un científico enfrenta.

### La importancia de esta especie

Iniciaré pues, con la visión que los hace importantes para mí, diciendo que los tamandúas son únicos, ya que son una especie que apareció mucho antes que la nuestra. El fósil más antiguo de oso hormiguero **tiene aproximadamente 20 millones de años** y en ese tiempo han cambiado muy poco, gracias a que son especialistas increíbles. Utilizan recursos (alimentación) que no muchos animales son capaces de aprovechar, y si lo hacen, nunca será al mismo nivel que ellos, la prueba está en que no tenemos muchos animales del tamaño de los osos hormigueros que se alimenten exclusivamente de pequeños insectos, a tal grado que sus cuerpos se modificaron específicamente para ser los mejores en eso.

Por otro lado, tenemos el simple hecho de que **son parte de nuestra fauna**, y eso les da un valor mucho mayor (son importantes porque están allí en sus territorios), y aquí me permitiré hacer una pausa con los tamandúas, para contar una historia.

Cuando era niño, y en mi etapa de amante de los documentales, me gustaban en particular dos programas de televisión más que otros, el primero era *Testigo ocular* (una serie de documentales producida por la BBC y transmitida por Discovery Channel), y el segundo del cual no recuerdo el título en español, pero aparentemente en inglés se llamaba *Kratt's creatures*, presentado por dos hermanos que exploraban diferentes hábitats y enseñaban sobre los animales que vivían en estos.

Este último programa me presentó al tigre de Tasmania, o lobo marsupial. Recuerdo muy bien que un día mientras veía el programa, los hermanos se encontraban en Australia y casi al final, habiendo hablado de koalas, canguros y demás, los presentadores andaban por un camino polvoriento, cuando se giran y empiezan a correr diciendo que lo vieron ¡vieron a lo que podría ser un tigre de Tasmania!, y de pronto el capítulo termina con la promesa de una segunda parte, que hasta donde sé, jamás existió.





*Tilacino*

Años más tarde, y con la posibilidad de hacer mis propias investigaciones (gracias al internet principalmente), **descubrí la triste historia del tigre de Tasmania**. Estos hermosos seres solían ser parte del escaso grupo de animales conocido como marsupiales, y en su tiempo, fue uno de los pocos marsupiales depredadores de tamaño considerable y era algo parecido a un perro de patas cortas, con un patrón de rallas en la parte trasera de su lomo (característica a la que debe el nombre de tigre).

Desaparecieron como consecuencia de dos sucesos. El primero, la introducción del **dingo en Australia** (ya que éste es un depredador más eficaz), y el segundo y el más triste de estos sucesos, el **exterminio por parte de los ganaderos** que lo culpaban de la muerte de sus animales. En realidad la culpa era de los dingos o de algún perro domesticado, pero los ganaderos se organizaron en una de las campañas de exterminio más terribles, ya que el fin era **acabar con todos los tigres de Tasmania**, cosa que lograron en poco tiempo, y el último de ellos, de nombre Benjamín, murió en un zoológico

solo y por un descuido, no sin antes ser grabado en una película corta (fácil de encontrar en internet), que es a mi parecer uno de los videos más triste que existen.

Situaciones como éstas se han dado muchas veces, nunca veremos un dodo o una impresionante ave moa (aves gigantes de Nueva Zelanda cazadas como alimento, hasta su desaparición), o animales que existían cuando yo era niño, y que las generaciones actuales jamás conocerán como el **rinoceronte blanco que desapareció en 2019**.

Incluso tenemos ejemplos cercanos, porque no todo pasa en otros países y nos es ajeno. **No nosotros solíamos tener al lobo mexicano** que igual que el tigre de Tasmania, fue **cazado hasta su desaparición**, y a pesar de que aún vive en cautiverio y se han realizado varios intentos para reintroducirlo a su hábitat, si los ganaderos encuentran a uno de sus animales muerto (generalmente por algún otro animal que no es el lobo), la historia de exterminio se repetirá, o para no ir más lejos, tenemos también el caso de la **vaquita marina...**

No me malinterpreten, pues no busco señalar villanos, ya que aquí el único culpable es la **falta de información y comunicación**. Por eso es temible cuando a un biólogo le preguntan ¿Por qué es importante el animal que estudias?

El valor de un tamandúa, es que **es único y ningún otro animal puede ocupar su lugar** o reemplazarlo si desaparece, simplemente se irá para siempre y será aún más triste porque lo hará en silencio, sin que nadie lo recuerde o se indigne.

Retomando algo dicho anteriormente, las especies sombrilla son muy importantes para conservar a otros animales. Un solo jaguar, puede provocar la creación de un área natural protegida con una extensión impresionante y con eso proteger a todos los animales dentro de esa zona, pero tanto

los científicos como el resto de las personas, no debemos olvidar que **hay más animales debajo del paraguas que merecen ser conocidos**, merecen conmovernos y merecen ser estudiados y presentados en los documentales.

Por último, me doy cuenta de que, con excepción de algunas curiosidades, los tamandúas a simple vista no parecen animales muy emocionantes, ni son buenos candidatos al animal favorito de los niños. Lo que los hizo interesantes para mí, es que me tomé el tiempo de **aprender sobre ellos**, y ahora me parecen el ejemplo perfecto de los animales que viven bajo la sombrilla, pasan desapercibidos por la mayoría, pero para mí, no son menos interesantes e importantes que un tigre o una ballena y **no merecen desaparecer en silencio**.



**Emiliano Tariácuri Cano Zavala**, egresado de la Facultad de Biología de la UMSNH, y se graduó con el trabajo de tesis "Revisión filogenética molecular de *Tamandúa mexicana*, incluyendo muestras biológicas de especímenes de Michoacán, México". Actualmente se encuentra inscrito en el Programa de Máster Universitario en Zoología de la Universidad Complutense de Madrid, España, desarrollando el trabajo de tesis "Filogeografía del género *Luciobarbus* en la región del Rif (Marruecos).  
**kurovaru@gmail.com**



ABC Ciencia. (2011). ¿Qué era en realidad el tilacino? [https://www.abc.es/ciencia/abci-realidad-tilacino-201105030000\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.abc.es/ciencia/abci-realidad-tilacino-201105030000_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)

Campos T. (2011). ¿Nos estamos acabando México? Un repaso por las especies en peligro de extinción (I). <https://www.xataka.com/otros-1/especial-espe->

[cies-en-peligro-de-extincion-en-mexico](https://www.abc.es/ciencia/abci-realidad-tilacino-201105030000_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)  
CONABIO. Tamandúa norteño. *Tamandua mexicana*. <http://enciclovida.mx/especies/34291-tamandua-mexicana>

González N. (2014). Dónde están los tamandúas. *Cromo, El Observador*. <https://www.elobservador.com.uy/nota/donde-estan-los-tamanduas-2014411500>



# ARTÍCULO

## Importancia de la polinización y de las abejas



En la reproducción sexual de las plantas con flores, la polinización es un proceso muy importante para que ocurra la fecundación, se formen los embriones, las semillas y por supuesto, los frutos. Aunque solo parece una definición de la biología de la reproducción, en este párrafo está inmerso también lo necesario para la alimentación humana, ya que, si no hay polinización, no hay semillas ni frutos, como el trigo, el maíz, las calabazas, las manzanas, entre muchos más productos alimenticios que nos proporcionan las plantas.

¿Pero qué tanto sabemos de este importante proceso? ¿quiénes son los principales actores que realizan la función de polinizadores? En el primer artículo de este grupo de tres, "Polinización: algo más que abejas", los autores nos hablan de este mecanismo de reproducción de las plantas y nos dejan

muy claro que además de las abejas, existen otros polinizadores.

A las abejas, al igual que otros insectos similares como abejorros y avispa, se les tiene temor, incluso habrá personas que las matan, lee este interesante artículo "Las abejas son amigas ¡no les temas!, que ha sido escrito para que haya conciencia de su principal función como polinizadoras. Además de esta importante labor que realizan las abejas, son productoras de miel, que por cierto nuestro país es un buen productor. ¿Te imaginas nuestro planeta sin abejas?, en el tercer artículo de este grupo, "Las abejas y su realidad", la autora expone algunas causas que pueden llevar a estos insectos a la extinción y que además de enterarnos del porqué, debemos de actuar para que éstas no mueran.



# ARTÍCULO

## Polinización: Algo más que abejas

Karen Sofía García Lugo y Johnattan Hernández Cumplido



**Karen Sofía García Lugo**, Estudiante de Licenciatura de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.  
[sofiagarcialugo@ciencias.unam.mx](mailto:sofiagarcialugo@ciencias.unam.mx)

**Johnattan Hernández Cumplido**, Profesor Asociado del Laboratorio de Interacciones y Procesos Ecológicos del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.  
[johnattanhddez@ciencias.unam.mx](mailto:johnattanhddez@ciencias.unam.mx)

La polinización ha sido un tema ampliamente estudiado por los científicos, y a pesar de los recientes esfuerzos de divulgación de este tema, mucha gente se sigue preguntando: ¿por qué es tan importante?, ¿realmente la disminución de polinizadores afecta a los ecosistemas?, ¿de qué forma nos repercute? y ¿cómo podemos ayudar? En este sentido, la primera pregunta que subyace es: ¿sabes de dónde proviene la fruta o verdura que consumes? La respuesta inmediata es la polinización; sin embargo, este proceso alberga una serie de eventos acumulados a lo largo del tiempo.

La polinización consiste en la transferencia de polen desde los órganos sexuales masculinos a los órganos sexuales femeninos de una planta por me-

dio de un vector. Aunque existe la polinización directa en especies vegetales que se **autopolinizan** o **autofecundan**, un alto porcentaje de plantas, más del 80 % de ellas, dependen de un vector o agente que lleve a cabo este proceso, ya que requieren de una **polinización cruzada**. Existen diferentes formas de nombrar a la polinización: **polinización biótica**, cuyo transporte de polen está a cargo de animales (polinización entomófila, ornitófila y zoófila), o **polinización abiótica**, en la que el transporte se lleva a cabo por el viento (polinización anemófila) o el agua (polinización hidrófila). Además, con la intervención humana, se ha creado la **polinización artificial**, con la que es posible hacerla más eficiente y se logra también la mejora genética de las plantas en general.

### ¿En qué periodo de la escala temporal geológica podemos ubicar el inicio de la polinización?

La evidencia paleontológica propone que la polinización biótica comenzó con la aparición de las primeras plantas con flor, esto hace aproximadamente unos ciento treinta millones de años en el **Cretácico inferior**. Sin embargo, antes de que las **angiospermas** (plantas con flor y semilla) existieran, las **gimnospermas** (plantas que poseen semilla, pero no flor) ya habitaban la tierra y utilizaban la polinización abiótica como mecanismo para favorecer su reproducción, este proceso de polinización fue la primera en aparecer.

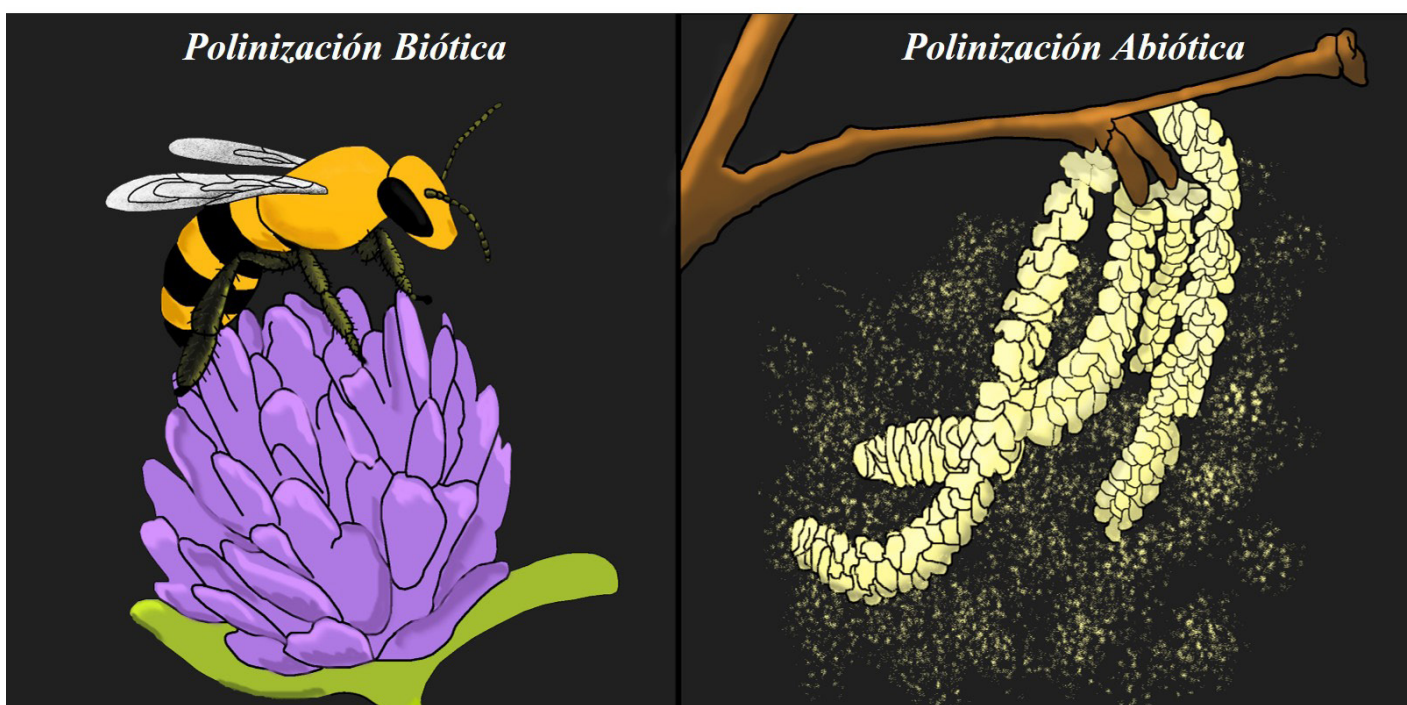
Las plantas gimnospermas, como los pinos (*Pinus*), no requieren de vectores bióticos para su reproducción, pues éstas se caracterizan por tener

**granos de polen muy ligeros y pequeños**, por lo que recurren únicamente a la ayuda del viento o el agua. El diámetro del polen de plantas con polinización abiótica va de los 10 a 50 micrómetros, y presentan ornamentación lisa; mientras que el de plantas con polinización biótica tiene un diámetro muy variable, usualmente menor a 60 micrómetros, con distintos tipos de ornamentación formada por el *pollenkitt* (compuesto lipídico con diversas funciones, entre las que destacan la protección y adhesión del grano de polen).

En la actualidad, tanto gimnospermas como angiospermas, conviven día a día. Las gimnospermas favorecen su reproducción con la polinización abiótica, mientras que las angiospermas con ambos tipos de polinización (biótica y abiótica). Sin embargo, dentro de las angiospermas, más del 80 % de las especies dependen de la **polinización por animales**.

### ¿Cuándo aparece la polinización por animales?

Se ha sugerido que la polinización por animales sucedió antes de la aparición de las primeras plantas con flor, esto según indica la teoría de que este tipo de polinización ocurrió de forma incidental o pasiva, durante el periodo del **Mesozoico temprano**. En ese entonces, las gimnospermas sintetizaban fluidos relacionados con el polen, como la **gota de polinización**, la cual es una secreción azucarada relacionada con la reproducción de las plantas, por lo que, es formada por su órgano reproductor femenino, permitiendo la captación de los granos de polen y facilitando la fertilización. Ac-





tualmente, plantas como el enebro (*Juniperus communis*), el ginkgo (*Ginkgo biloba*) y el ciprés (*Cupressus sempervirens*), aún conservan características de sus ancestros como la gota de polinización.

Estos sucesos se conocen por las **evidencias encontradas**, por ejemplo, en el daño causado en las plantas, en el contenido intestinal de los insectos, en la estructura de sus alas y en las piezas bucales capaces de alcanzar y beber gotas de polinización. Estos elementos nos permiten reconocer que este evento fue un parteaguas para la **evolución de diversas formas**, tanto de flores como de aparatos recolectores o modificaciones bucales de los vectores.

### ¿Y cómo surgió la flor en las plantas?

Si bien, la polinización abiótica en las plantas era exitosa, las plantas desarrollaron una gran diversidad de caracteres y estrategias, permitiéndoles dispersar su polen por vectores bióticos y por la coevolución con animales, con lo que se logró aumentar su reproducción.

Además de la **producción de recompensas**, como el néctar, las resinas y los aceites, también se modificaron las estructuras vegetativas como las hojas, modificadas en llamativos pétalos o sépalos que al formar flores y exponerse, logran atraer a un mayor número de visitantes florales consiguiendo una mayor eficacia en su reproducción.

Mayormente conocemos más sobre la polinización biótica y poco de la abiótica. Esto mismo ocurre con los polinizadores, ya que siempre consideramos que éstos son solo las abejas, lo cual es bastante entendible, ya que estos insectos son un gran ejemplo para explicar de qué manera ocurre la transferencia de polen de una flor a otra. Estos insectos cuentan con estructuras especializadas como la corbícula, la estructura localizada en las patas posteriores de las abejas o

la escopa, la zona pilosa presente en las patas o en el abdomen de las abejas, que agilizan la adhesión de granos de polen y su transporte. Los granos quedan adheridos a su cuerpo al momento en que ellas realizan su forrajeo (búsqueda de alimento).

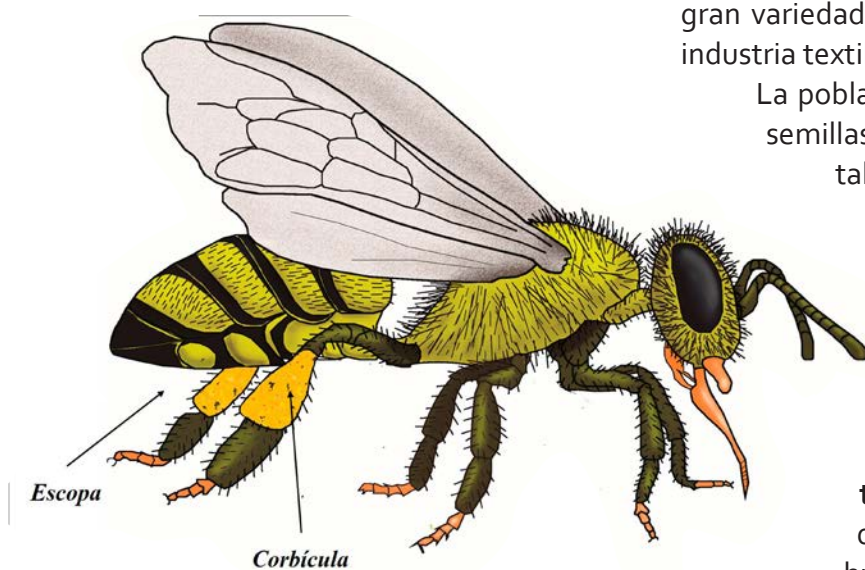
### Otros más que polinizan, además de las abejas

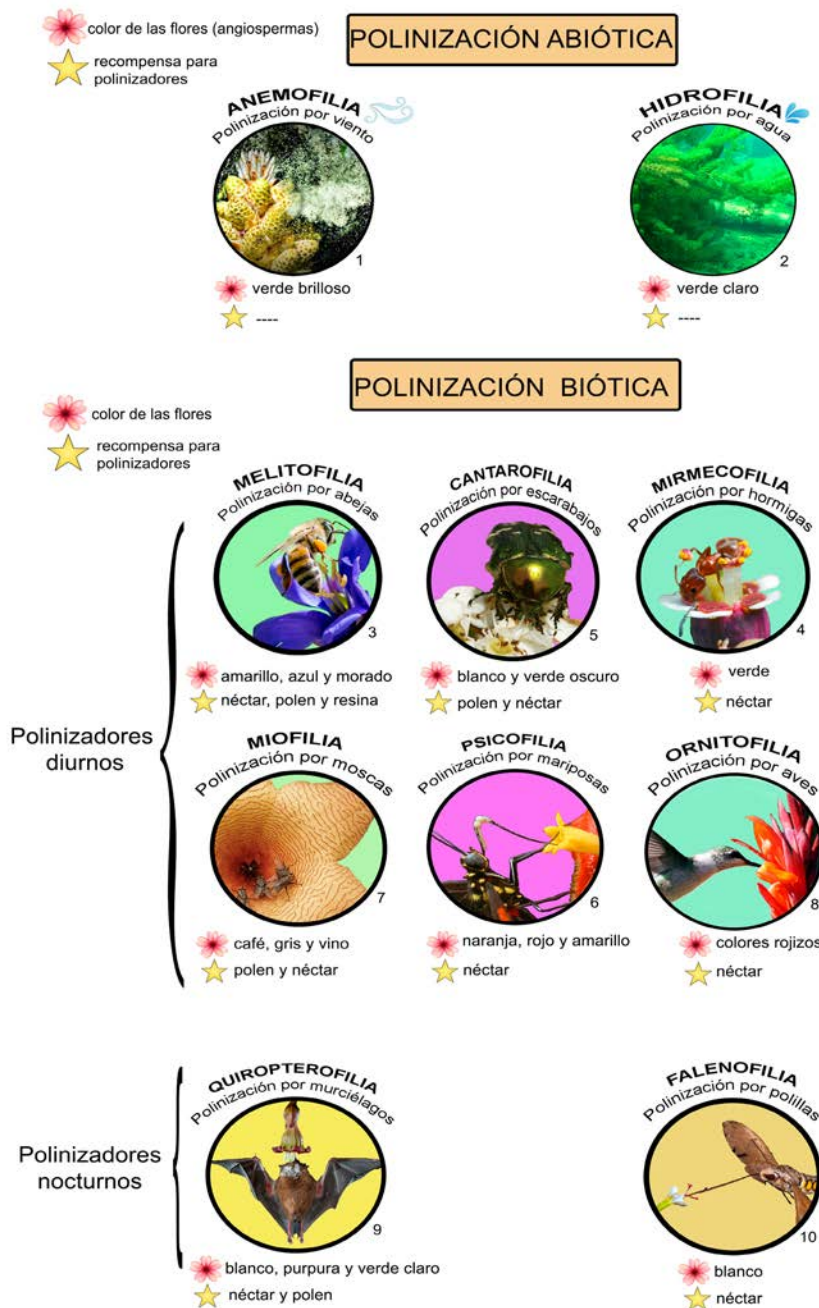
Las abejas son solo una de las tantas especies que polinizan, ya que existen diversos insectos, mamíferos, aves y hasta reptiles que también fungen como polinizadores. Dentro de este tipo los más importantes son los abejorros, avispas, hormigas, escarabajos, moscas, mariposas y polillas (polinización entomófila); aves como colibríes, suimangas o pájaros sol, loritos, arañeros y ermitaños (polinización ornitófila); lémures, geckos, zarigüeyas, algunos tipos de monos, y por supuesto, los murciélagos polinizadores (polinización zoófila).

Cada uno de estos organismos tiene **gustos particulares**, que varían en color, olor, forma o hasta el momento en que ocurre la apertura de la flor (antesis), ya sea durante el día o la noche. Este mecanismo se ha ido transformando a lo largo del tiempo, sometiendo tanto a plantas como animales a **procesos de selección**, proporcionándoles características que los hacen compatibles entre ellos. A esta compatibilidad se le conoce como *Síndrome de polinización*, donde la forma de los animales y las distintas características de las flores, son primordiales para que la transferencia de polen ocurra de manera exitosa.

Existen diversas investigaciones en torno a los **síndromes de polinización** que han aportado herramientas para lograr un adecuado manejo y conocimiento de la biodiversidad, ya sea en el ámbito de la evolución, conservación o incluso para la agricultura. Hoy en día se sabe que del total de las especies que se cultivan en México, el 75 % son cultivadas para la obtención de alimentos y bebidas, mientras que el 15 % restante se procesa para una gran variedad de usos (ornamentación, medicina, industria textil y producción de forraje).

La población humana suele consumir frutas, semillas y órganos vegetativos como hojas, tallos e incluso las flores. El 85 % de las especies de donde se obtiene todo ello, se producen gracias a la polinización; en este sentido, al ocurrir una baja en la población de cualquiera de ellos, **desequilibraría una serie de procesos en el ecosistema**, desembocando en eventos de desajuste donde indudablemente los humanos nos veríamos afectados.





rectamente proporciona la **polinización**. Este fenómeno es un mecanismo fundamental para el ecosistema del que formamos parte, y una de las causas principales que propicia la disminución de polinizadores, es la pérdida de hábitat. Un cambio en los hábitos diarios que ayude a reducir las consecuencias que ocasionan los cambios globales, la plantación de flora nativa, la priorización a polinizadores nativos sobre los introducidos como *Apis mellifera* en zonas conservadas del país, la implementación de agricultura amigable o agricultura urbana, son solo algunos actos que podrían evitar que muchos de estos polinizadores se sigan extinguiendo.

Sin embargo, **aún no se comprenden y se asimilan las consecuencias** que existirían si este proceso se ve perjudicado. Actualmente la población humana se encuentra en un momento crucial en el que es necesaria una reflexión urgente de la forma de vida que se lleva.

El planeta pide a gritos que se concientice y se tomen medidas extraordinarias para frenar esta situación antes de que sea demasiado tarde.

Aunque el objetivo de los polinizadores no es proporcionar recursos a los humanos, es evidente que **obtenemos beneficios de lo que indi-**

Agradecimiento al proyecto UNAM (PAPIIT IA202918).



Ashworth L., Quesada M., Casas A., Aguilar R. y Oyama K. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142:1050-1057. <http://www2.oikos.unam.mx/CIEco/polinizacion/files/Ashworth2009.pdf>

Labandeira C. y Currano E. (2013). The fossil record of plant-insect dynamics. *Annual Reviews. Earth Planet. Sci*, 41:287-311. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annu>

rev-earth-050212-124139 National Geographic España. (2019). *Animales polinizadores: con el polen a cuestas*. [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/animales-polinizadores\\_4423/1](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/animales-polinizadores_4423/1)

SINGENTA. (s.a.) *Tipos de polinización, Paisajes Multifuncionales*. <https://polinizadores.com/polinizacion/tipos-de-polinizacion/>



# ARTÍCULO

## Las abejas son amigas ¡no les temas!

Fernando Araujo-Mondragón y Rosario Redonda -Martínez



<https://www.pinterest.com.mx/pin/311311392994789630/>

**Fernando Araujo-Mondragón**, Apicultor e Ingeniero Ambiental egresado del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro. Pátzcuaro, Michoacán, México.

[algiens560@gmail.com](mailto:algiens560@gmail.com)

**Rosario Redonda-Martínez**, Investigadora titular en el Instituto de Ecología, A.C. Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México.

[r.redonda.martinez@gmail.com](mailto:r.redonda.martinez@gmail.com)

**E**n más de una ocasión hemos disfrutado el **dulce sabor de la miel**, quizás también nos percatamos de su aroma, color y consistencia. De igual forma, es probable que al ver una abeja que no puede emprender el vuelo, le acerquemos a una flor para que tome energía del néctar, o tal vez no, y somos de las personas que la vemos y corremos por el matamoscas o el insecticida para matarla porque «nos va a picar». Esto es en el mejor de los casos, porque en el peor, le dejamos caer todo el peso de

nuestro zapato, disfrutando el aplastarla y alegrándonos de que no nos «haya picado».

Siendo realistas, ¡esto es una total contradicción! **¿Por qué ese miedo injustificado a las abejas si disfrutamos la dulzura de la miel de estos insectos?**, ¿por qué hacer lo imposible por eliminarlas de nuestro jardín? La respuesta a estas interrogantes es muy simple, ¡es por ignorancia!, pues como dice el refrán «Solo pica la abeja a quien torpe la maneja».

Así que, el primer paso para reivindicar su importancia —la cual no consiste únicamente en elaborar la miel—, es adentrarnos a su entorno para saber **qué hace cada una** y por qué son imprescindibles para la vida en el planeta.

### La organización de las abejas

Al igual que los humanos, la mayoría de **las abejas son animales sociales**, tal es el caso de las abejas europeas (*Apis mellifera*), que viven en colmenas con una estructura jerárquica, donde en una colonia se observan tres tipos de individuos, cada uno con características únicas. **La reina**, es la más grande de todas, mide de 20-25 mm y pesa de 180-300 mg, es la única abeja fértil de toda la colonia, **pone unos dos mil huevos diarios** en diferentes celdas para que se desarrollen las larvas. Como ocurre con las manadas de elefantes, donde mandan las hembras, en una colmena ocurre casi lo mismo. La reina no solo es la madre de todas las abejas que la integran, sino también la mandamás, de ahí el refrán «Miles de abejas hay en la colmena y obedecen todas a una sola reina».

Por otra parte están **los zánganos**, son los machos, miden de 15-17 mm y pesan de 220-250 mg, carecen de aguijón, no trabajan, **su única función es aparearse con la reina** para fecundar los huevos. Sin embargo, mueren al momento del apareamiento ya que parte de su aparato reproductor se desprende en el acto, los zánganos que no lograron aparearse deambulan en busca de reinas sin fecundar y quizás esta sea la raíz del dicho popular «¡Eres más vago que un zángano!».

Finalmente, están **las obreras**, son hembras estériles y las más pequeñas de toda la colonia con 12-14 mm de longitud y 90-100 mg de peso. Viven unos cuantos meses y **realizan diversos trabajos**, entre ellos: búsqueda de recursos, reparación y construcción de panales, cuidado de huevos y larvas, etc.

Las abejas obreras son **las más abundantes y la columna vertebral de la colmena**, pues realizan diversas funciones dependiendo de su edad. Inician limpiando las celdas donde se encuentran las crías, al mismo tiempo de brindarles calor; después de unos días, fungirán como nodrizas, es decir, cuidarán y alimentarán a las larvas. Como sucede hasta en las mejores familias, **su alimentación dependerá del papel que tengan en la colmena**, pues las futuras reinas son alimentadas solo con jalea real, mientras que las obreras y los zánganos con una mezcla de polen con miel diluida en agua, y solo una pequeña fracción de jalea real.

Con aproximadamente nueve días de edad, **las obreras serán las encargadas de fabricar las celdas** de los panales y su reparación, ya que su cuerpo comienza a producir laminillas de cera por medio de una glándula localizada en el abdomen. Para moldearla, usan sus patas y mandíbulas, creando así los tres tipos de celdas que se pueden presentar en un panal: el primer tipo de celda, y que constituye la mayoría, tienen **forma hexagonal** y 5 mm de largo, ahí se desarrollarán las futuras obreras, y también se almacenará miel y polen; el segundo corresponde a celdas de 7 mm largo, donde estarán los zánganos, estos dos tipos tendrán orientación horizontal y ocuparán la mayor superficie del panal; mientras que el tercero, corresponde a **celdas reales** donde se desarrollan las reinas, a diferencia de las anteriores, estas tienen forma de copa y se orientan verticalmente. Estas celdas están ubicadas principalmente en la periferia de los panales, solo se presentan cuando hay ausencia de reina en la colmena o en temporada de enjambrazón, es decir, la etapa de reproducción natural de las abejas.



Tipos de abejas en la colmena. Imagen tomada de <https://www.abejapresumida.com/abejas/>



Las abejas obreras también se encargan de **almacenar el néctar, polen o propóleo** que acarrear las forrajeras. En el caso del néctar, es regurgitado, y con su paso a través de la boca de varias abejas se añaden enzimas y pierde agua, concentrando los azúcares, de tal manera que la humedad en la miel sea mínima, por eso es el **único alimento sin fecha de caducidad**. En la mayoría de los casos, la miel pura se solidifica, pero al colocarla en baño María retomará su apariencia y espesura inicial.

### La labor de las abejas

Una vez que conocen el funcionamiento interno de la colmena, cambian de misión y se convierten en guardias, teniendo como encomienda **proteger el nido**, ya sea de abejas pilladoras, personas u otros animales que intenten robar la miel o dañar a las crías, este dato es fundamental ya que **las abejas no atacarán mientras no sean molestadas o se sientan amenazadas**. Además, es importante saber que mientras se encuentran en la recolecta de recursos, rara vez actúan de forma agresiva.

Con entre 14 y 21 días de edad, inician **labores de forrajeo o pecoreo**, es decir, acarrear néctar, polen, propóleo y agua hacia la colmena. Es en esta época cuando **aprenden a geolocalizar su nido**, ya que deberán regresar al mismo tantas veces como se lo permita su existencia, de ahí el refrán «Siempre vuela la abeja a su colmena».

Una vez que han adquirido suficiente experiencia en la recolección de recursos, se vuelven exploradoras, como lo indica su nombre, son las **encargadas de buscar manchones de vegetación** con abundante flora melífera, es decir, aquellas plantas de las que obtendrán néctar, polen y propóleo. Cuando las encuentran, avisan a las forrajeras para que inicien con el acarreo de recursos nectaríferos y poliníferos, para lo cual, realizan danzas en las que emplean todo el cuerpo y las acompañan con zumbidos, cuya velocidad y orientación indica la distancia hacia la fuente de alimento.

Si se encuentran muy cerca ( $\leq 50$  metros), danzarán en círculo, en caso de se ubique a una distancia superior ( $\geq 100$  metros), entonces bailarán en forma de hoz. Para mostrar la dirección exacta entre la colmena y el área donde están las plantas melíferas, **las abejas toman como referencia la salida y puesta del sol**, es decir, los puntos cardinales este u oeste. De esta forma emplean un complejo y altamente efectivo sistema de posicionamiento global (GPS siglas en inglés de Global Positioning System) para localizar los recursos que son imprescindibles para mantener la colmena.

El tiempo promedio de **vida de una abeja obrera es de 50 días**, y durante su etapa como forrajera y exploradora, **recorre alrededor de 40 kilómetros** para recolectar néctar y polen de 7 000 flores en promedio, con lo que un apicultor obtiene

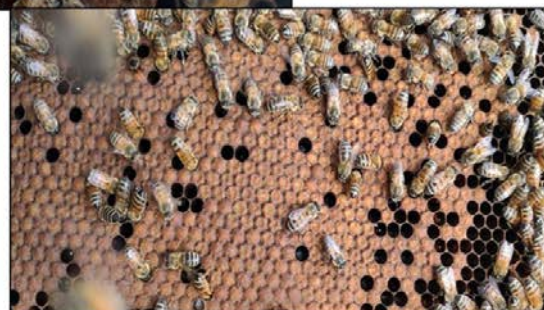
CELDA REAL



CELDAS (Zánganos)



CELDAS (Obreras)



Tipos de celdas en la colmena. Fotografías de Fernando Araujo-Mondragón.



*Abejas amistosas* Fotografía de Marie-Stéphanie Samain.

una cucharada de miel. Para obtener un kilo, requerirá del trabajo de dos mil quinientas abejas, y que éstas visiten aproximadamente un millón y medio de flores.

### ¿Por qué deben ser nuestras amigas?

Después de conocer estos datos, es preciso valorar la vida de cada abeja. Como mencionamos al principio, su función no es únicamente producir miel, sino que nuestra vida depende de ellas en gran medida, y quizás te preguntes ¿Cómo es esto? Bueno, según estimaciones de la Organización de

las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), **las abejas polinizan entre 70-85 % de las plantas cultivadas**, cuyos frutos o semillas sirven de alimento al ser humano. ¿Te parece que ésta no es una razón suficiente para respetarlas y protegerlas?

Ayudar y proteger a las abejas es tarea de todos, será un buen comienzo realizar acciones tan simples como **favorecer la siembra de policultivos y plantas nectaríferas** o dejar crecer las plantas silvestres de la región en donde vivimos, ya que éstas son visitadas por las abejas.

**No las molestemos y dejemos que hagan tan noble y vital trabajo, y si las consideramos nuestras amigas ¡estaría genial!**



Araujo-Mondragón F. y Redonda-Martínez R. (2019). Flora melífera de la región centro-este del municipio de Pátzcuaro, Michoacán, México. Acta Botánica Mexicana, 126.  
[http://abm.ojs.incol.mx/abm\\_act\\_3/index.php/abm/article/view/1444](http://abm.ojs.incol.mx/abm_act_3/index.php/abm/article/view/1444)

Herrero-García F. (2004). Lo que usted debe saber sobre las abejas y la miel. España, Edición Caja España,

83 p.

<http://www.saber.es/web/biblioteca/libros/las-abejas-y-la-miel/las-abejas-y-la-miel.pdf>

Root A.I. (1984). ABC y XYZ de la Apicultura: Enciclopedia de la cría científica y práctica de las abejas. Buenos Aires, Hemisferio Sur S.A., 772 p. No tiene enlace para descargar.



## ARTÍCULO

# Las abejas y su realidad

Edna Gabriela Ceja Silva



*Edna Gabriela Ceja Silva*, Docente del Programa de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes. Tecnológico Nacional de México.  
[edna\\_gabriela\\_ceja@hotmail.com](mailto:edna_gabriela_ceja@hotmail.com)

**E**n las redes sociales encontramos información acerca de la **extinción de las abejas**, y lo único que hacemos para concientizar, es compartir el «post» y tratar de conseguir algún tipo de empatía al respecto. Sin embargo, para tener el **conocimiento del panorama global** de lo que está sucediendo con las especies, tenemos la opción de acudir a un buscador en línea o hacer uso de las redes sociales, donde podemos realizar la búsqueda acerca de las abejas y la declinación de sus poblaciones. Es importante que nos aseguremos de que sean fuentes fidedignas, con sustento científico.

Al realizar la búsqueda, nos encontraremos con aproximadamente **más de cien mil resultados**, de los cuales, existen varias generalidades, muchas realidades y uno que otro factor que en verdad no hace alusión a este tema, y lo único que logra es inculcar un «pseudo-temor» que no es verdadero. Aprovecharemos este contexto de desinformación, para brindar un panorama al respecto.

Las abejas, en México y en el resto del mundo, son especies muy **importantes para la polinización de las flores** que dan origen a los alimentos que consumimos, y es por eso que estamos alarmados al enterarnos de esta problemática que nos hace pensar en la extinción de las abejas. Pero, ¿sabemos qué especie de abeja es la más vulnerable a la extinción y en qué nos afecta directamente?, ¿realmente conocemos la importancia de la noble labor que realizan las abejas? o ¿solamente somos espectadores ante este problema que se difunde en las redes sociales? Con lo que aquí les escribo, trataré de responder a estas interrogantes.

### ¿En qué nos afecta la extinción de las abejas?

La polinización —proceso muy importante en la reproducción sexual de las plantas—, es la transferencia de polen desde los estambres hasta los estigmas de las flores, para que ocurra la fecundación de los óvulos que se encuentran en el ovario, para que finalmente se desarrollen los embriones, las semillas y los frutos, los cuales representan las **unidades de dispersión para la generación de nuevas plantas**. Sin este proceso, no se producen los frutos, y si no hay frutos, no tendremos alimentos. Ahora es muy claro entender cómo esto es un verdadero problema para la humanidad.

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), **las abejas polinizan una tercera parte de lo que comemos** y juegan un papel vital en el mantenimiento de los ecosistemas del planeta. Alrededor del 84 % de los cultivos para el consumo humano, necesitan a las abejas y a otros insectos para que ocurra la polinización, y así,

aumentar el rendimiento y calidad de los cultivos. Con la polinización por abejas, no solo se obtiene una mayor cantidad de frutas, bayas o semillas, sino que también se mejora la calidad de los alimentos, lo cual significa que además de ser parte esencial para la obtención de éstos, también son primordiales para mantener un ecosistema ambiental saludable.

### ¿Qué tipos de abejas habitan en México y cuáles pueden extinguirse?

Ahora que ya visualizamos la importancia de la polinización en el mundo, aclaremos **cuáles abejas están en peligro de extinción** y cuáles habitan en nuestro país. En la actualidad existen más de veinte mil especies distintas entre abejas, avispas y abejorros; no obstante, las que más proliferan en México son, de manera general, las siguientes:



Fuente: *El financiero* on line, 2017 (Redacción 2017)



- Abejas sin aguijón o Meliponinos.
- Abejas de miel (*Apis mellifera*).
- Abejorros (*Bombus terrestris*).
- Abejas africanizadas (abejas híbridas de *Apis mellifera*).
- Abejas solitarias y comunales.
- Abejas parásitas.
- Abejas nocturnas o silvestres.

En algunos estados del país, las abejas no solo generan una mejor calidad de polinización en los alimentos, sino que son una de las principales actividades económicas por su **desarrollo de la actividad apícola**. México produce más de 58 000 toneladas de miel cada año, de las cuales, en 2016 se exportaron 29 000 toneladas con un valor de 93.7 millones de dólares según datos de SAGARPA, reportados en 2017. Los estados con mayor producción de miel son Yucatán, Campeche y Jalisco, que alcanzan más de once mil, ocho mil y siete mil toneladas anuales, respectivamente. Le siguen Chiapas, con seis mil, Veracruz con cinco mil, Oaxaca con cuatro mil, Quintana Roo y Puebla con tres mil, y Guerrero y Michoacán con dos mil toneladas anuales.

Actualmente existen diversas causas por las cuales las abejas se encuentran en **peligro de extinción**, entre las que se pueden mencionar el clima, la radiación solar, las cuestiones ambientales e inclusive el mismo ser humano y su desarrollo.

### **Pero, ¿cuándo se considera una especie en peligro de extinción?**

Cuando todos los representantes de una misma especie, corren el riesgo de desaparecer de la faz de la Tierra. Aclaremos, no todas las veinte mil especies de abejas del mundo son las que están en peligro de extinción, pero sí, aquellas que representan importancia mundial, ya sea para asegurar la producción de alimentos o para la producción de miel.

Una de las especies considerada en peligro de extinción, son las **abejas nocturnas o silvestres**, las cuales son más vulnerables a la exposición de elementos químicos como los herbicidas, fertilizantes y fungicidas, que se aplican durante la floración o producción de los cultivos. Las **abejas productoras de miel** también se encuentran entre las especies en peligro de extinción, ya que además de ser sensibles a los químicos del ambiente, una gran cantidad





de ellas mueren durante el proceso de extracción de la miel.

### ¿Qué estamos haciendo para mantener la especie?

Hoy en día, el velar por las abejas es de interés mundial, por lo que se **están creando hábitats de cuidado general** para evitar la eliminación de ejemplares, a la vez que hay empresas que cuidan el entorno de sus colmenas y han desarrollado **tecnologías de extracción de miel**, sin que mueran miles de abejas.

También se están realizando **investigaciones científicas** y tecnológicas para determinar el o los porqués de la muerte de las abejas, como la toxicidad de los químicos utilizados en los campos de cultivo, así como las diversas enfermedades que atacan a estos insectos polinizadores y dejar en claro cuáles de estas especies son las que están en un real peligro de extinción.

Como indiqué al inicio, hay que informarnos para no solo conocer sobre la desaparición de éstos tan importantes insectos, sino también para saber **cómo podemos involucrarnos** para ayudar a revertir esta triste realidad de las abejas.



Besora-Magem J. (2016). *Tecnologías apropiadas para la apicultura*. Serie Tecnología para el Desarrollo Humano, 51 p.  
<https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Tecnología-para-la-Apicultura.pdf>

FAO (2015). *Punto de mira: siete frutas y hortalizas para las abejas*. *El valor de las abejas para la poliniza-*

*ción de los cultivos.*

<http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/329193/>

Redacción. (2017). México, uno de los mayores productores de miel a nivel mundial. *El Financiero*.

<http://www.elfinanciero.com.mx/economia/mexico-uno-de-los-mayores-productores-de-miel-a-nivel-mundial>



# ARTÍCULO

## ¡Vamos a atrapar insectos plaga!

Samuel Cruz-Esteban y Julio C. Rojas



**Samuel Cruz-Esteban**, Instituto de Ecología, A.C. Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano. Investigador Cátedras CONACyT.  
[samuel.cruz@inecol.mx](mailto:samuel.cruz@inecol.mx)

**Julio C. Rojas**, Investigador del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, Grupo de Ecología y Manejo de Artrópodos, Tapachula, Chiapas, México.  
[jrojas@ecosur.mx](mailto:jrojas@ecosur.mx)

**M**ichoacán es uno de los estados de México reconocido por su producción agrícola, destacando principalmente por los cultivos de aguacate, fresa, zarzamora, lenteja, durazno, ciruela, guayaba, maíz y agave, razón por la cual la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural lo ubica en el **primer lugar en cuanto a productividad** en el país. Debido a esto, el manejo de un sin número de plagas insectiles es de gran importancia y se ha tornado en una necesidad urgente. A nivel mundial, incluyendo a México, existe una gran preocupación por los **efectos adversos que los plaguicidas** causan a la salud humana y en el ambiente, por lo que es necesario disminuir su uso indiscriminado. En este sentido, el control biológico y control etológico pueden ser opciones para el manejo de las plagas insectiles.

### ¿Qué es el control etológico de plagas insectiles?

La etología estudia el **comportamiento de los animales** en relación con el ambiente, de tal manera que el control etológico de plagas, es el uso de métodos que atrapan o reprimen plagas insectiles, valiéndose del comportamiento de los insectos. Está basado en aprovechar ciertas conductas innatas que los insectos presentan ante **estímulos químicos, físicos o ambos** en su ambiente natural.

Si llegamos a conocer estos estímulos, podremos usarlos para optimizar sistemas de trampas-atrayentes específicos para cada insecto plaga; sin embargo, para atraparlos, estos sistemas deben funcionar de manera efectiva. Para esto, en el presente artículo te describimos los puntos más importantes del control etológico de este tipo de plagas.

### ¿Cómo atrapar insectos plaga?

**1. Las feromonas y atrayentes deben estar correctamente identificados.** Los insectos hacen uso de la comunicación química en la búsqueda del sexo opuesto para aparearse (feromona sexual), en la búsqueda de plantas y frutas hospederas para alimentarse u ovipositar (kairomonas), para agregarse (feromona de agregación), o para huir o esconderse (feromona de alarma). Es decir, los insectos tienen un **sistema olfativo super desarrollado** por lo que tienen la capacidad de percibir aromas (com-

puestos químicos volátiles), a razón de nanogramos y son capaces a su vez de discriminar mezclas de compuestos de forma cualitativa y cuantitativa.

El descifrar la **comunicación química de los insectos nocivos**, nos permite usar este conocimiento para el desarrollo de estrategias de manejo de plagas. Sin embargo, para usar las feromonas y atrayentes en el control etológico, es importante que los compuestos estén **correctamente identificados** y que sean formulados en la proporción como son emitidos por su fuente natural, de lo contrario, no serán efectivos cuando se usen en un sistema de trapeo. En otras palabras, si no se cuenta con el atrayente químico adecuado, no importa que tengas la mejor trampa, sencillamente no obtendrás los resultados deseados.

**2. No todos los insectos son atraídos por el mismo color.** Los insectos usan la visión tanto como el olfato. Ellos tienen la capacidad de distinguir diferentes longitudes de ondas (color), diferencias en brillo (cantidad de luz reflejada) de un objeto y la saturación (pureza del color). Cada especie de insecto **varía en sus fotorreceptores**, aunque por lo general la mayoría percibe en el espectro de luz, en el rango del ultravioleta (300-400 nm), azul (450-495 nm), verde (495-570 nm) y amarillo (570-590 nm). La cantidad de luz reflejada (reflectancia) por un objeto es otro atributo visual importante.



Trampa para capturar palomillas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivos de maíz. Fotografía y Edición de Samuel Cruz-Esteban.



Por ejemplo, en la naturaleza existen flores amarillas brillantes u opacas, que un insecto polinizador puede discriminar apropiadamente.

Entre los colores que brindan mayores reflectancias se encuentran el blanco, azul, amarillo, y rojo, dependiendo de la intensidad de la luz del hábitat donde vive la plaga insectil y la hora del día. Varios estudios han reportado que **los colores amarillo y rojo son atractivos** para ciertos insectos; por ejemplo, el color amarillo incrementa la efectividad del sistema trampa-atrayente para capturar machos del gusano cogollero, moscas de la fruta, entre otros insectos.

El color rojo con rayas negras incrementa la captura de la mosca del vinagre de alas manchadas, mientras que el color azul es efectivo para atraer abejas, trips, etc. Con respecto a la saturación, se conoce que en algunos casos el número de capturas decrece cuando el grado de impureza del color de la trampa se incrementa. Adicionalmente, los insectos pueden discriminar el tamaño y la forma de los objetos.

**3. Usar la trampa adecuada.** El conocimiento sobre la **ecología visual de un insecto nocivo** permite diseñar trampas adecuadas. Sin embargo, hay que estar seguros de que el atrayente se disipará correctamente del interior de la trampa, ya que si la estela de olor es turbulenta, dificultará que los insectos puedan alcanzar la trampa. Para un buen diseño, aparte del color, se toma en cuenta tam-

bién el tamaño y el tipo de vuelo del insecto, y si es diurno o nocturno. Por esta razón, en el mercado existen trampas de diferentes formas y tamaños, con el objetivo de ser más eficientes en cuanto a la captura del insecto plaga para la que fueron diseñadas.

En el caso de algunas plagas insectiles en México, se han reportado trampas caseras fáciles de hacer, tanto para gusano cogollero, para mosca del vinagre de alas manchadas, picudo del agave, trampas cromáticas con pegamento para dípteros, áfidos, trips, entre otros. Sin embargo, es importante mencionar que en muchas ocasiones, **éstas son diseñadas sin considerar el comportamiento del insecto blanco**, lo que contribuye a su poca eficiencia. En este aspecto, debemos considerar que el diseño de la trampa minimice o evite capturar insectos no blancos, como muchos polinizadores o parasitoides. El tamaño y el color son variables que incrementan la efectividad del sistema trampa-atrayente, pero en algunos estudios se ha observado que los resultados obtenidos pueden variar de un lugar a otro, posiblemente por factores como la densidad poblacional del insecto, la iluminación del hábitat, entre otros.

**4. Conocer la biología de la plaga es fundamental.** El conocimiento sobre la biología del insecto blanco es fundamental para tener éxito en el control biológico. Usualmente, la estrategia a usar, dependerá de la biología del insecto. Por ejemplo,



Trampas cromáticas, se usa en color amarillo para moscas (*dípteros*), pulgones (*áfidos*) y trips (*tisanópteros*). El color azul es atrayente de trips y a las moscas del mantillo. El color negro atrae al minador del tomate. El color rojo atrae al mosquito verde de la vid, mosca del vinagre de alas machadas. Fotografía y edición de Samuel Cruz-Esteban.





Diseños de trampas para capturar la mosca de vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii*).  
Fotografía y edición de Samuel Cruz-Esteban.

hay más posibilidades de tener éxito de un sistema de trapeo masivo, usando feromonas cuando el insecto blanco tiene una baja densidad poblacional, ciclo de vida largo, pocas generaciones al año, apareamiento una sola vez y que tenga un número reducido de hospederos.

Finalmente, es deseable **desarrollar atrayentes químicos** formulados con las poblaciones de insectos distribuidas en nuestro país, ya que en algunas ocasiones cuando los atrayentes son importados, resultan ser ineficaces en México. Esto se debe principalmente a que existe variación geográfica en la comunicación química en las poblaciones de insectos de una misma especie. Igualmente, es necesario usar atrayentes químicos y trampas que

hayan sido evaluados bajo estrictos métodos de investigación y no solo por recomendaciones del mercado. De no tomarse en cuenta estos elementos, no será el control etológico el que falle, si no la desinformación que nos lleva al uso inadecuado.

#### ¿Y en México, qué hacemos?

México cuenta con diversas universidades y centros de investigación donde día a día se generan resultados que se sintetizan en estos consejos. En la medida de lo posible, la sociedad agrícola mexicana debería hacer uso de estos conocimientos, no solo para asegurar productos libres de plaguicidas, sino también para disminuir el uso de estos compuestos que dañan la salud humana y el medio ambiente.



Cruz-Esteban S., Hernández-Ledesma P., Malo E.A. y Rojas J.C. (2020). Cebos feromonales para la captura de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae*) en cultivos de maíz adyacentes a cultivos de fresas. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*, 36(1):1-15. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612255>

Caycho J.R. (1994). Comunicación química. *Revista de Química*, 8(2):163-175.

<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/download/5534/5530>

Ramírez de Lucas P. (1996). Las feromonas de insectos y su aplicación en agricultura. *Revista Palmas*, 17(3):27-32.

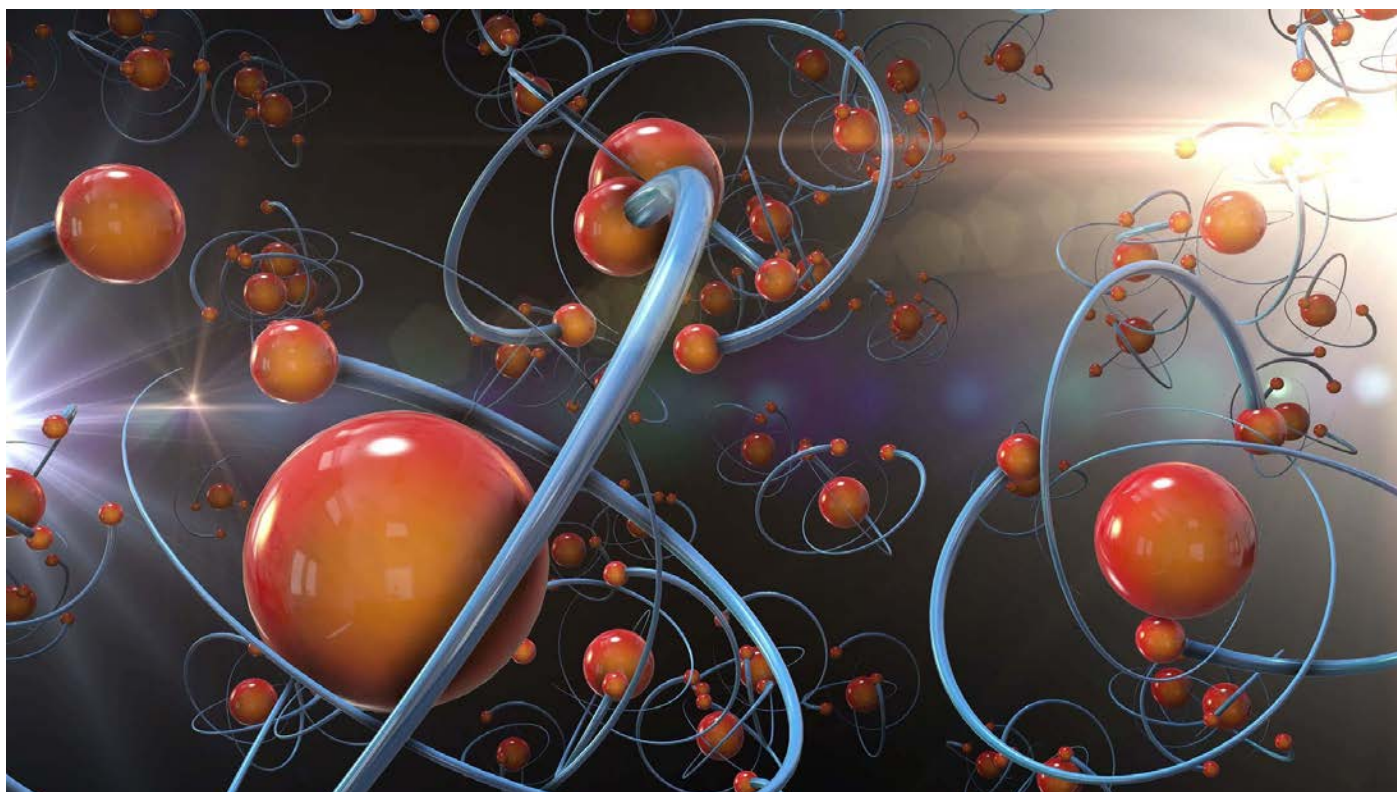
<http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/553/553>



# ARTÍCULO

## Cambios de fase, puntos críticos y física de frontera

Marco Alberto Ayala Torres y Luis Manuel Montaña Zetina



**Marco Alberto Ayala Torres**, Maestro en Ciencias en la Especialidad de Física y estudiante de doctorado en el Departamento de Física del CINVESTAV.

[amayala@fis.cinvestav.mx](mailto:amayala@fis.cinvestav.mx)

**Luis Manuel Montaña Zetina**, Doctor en Ciencias en la especialidad de Física y miembro de la planta académica del Departamento de Física del CINVESTAV. Participa en la colaboración mexicana en el proyecto ALICE del LHC en el CERN.

[lmontano@fis.cinvestav.mx](mailto:lmontano@fis.cinvestav.mx)

### ¡Hablemos de termodinámica!

Pensando en nuestra infancia, especialmente la época como estudiantes en la primaria, recordaremos que ahí aprendimos que el agua tiene tres estados: **sólido, líquido y gaseoso**. Posteriormente quizá escuchamos en algún momento, que existen otros tipos de estados de la materia como el plasma, un fluido que puede tener propiedades de gas y líquido al mismo tiempo, sin presentar distinción entre ellos. Asimismo, en nuestras clases de química aprendimos que el **agua no es un elemento**, sino un compuesto formado, ahora sí, por los elementos hidrógeno y oxígeno, por lo que dos átomos o elementos de hidrógeno se combinan con uno de oxígeno para formar el agua.

El **hidrógeno es el átomo más sencillo que existe**. En cuanto a su constitución, está formado por un solo protón en su núcleo y un electrón en órbita, de hecho, es el elemento más antiguo y abundante en el Universo. Por su parte, el **oxígeno es el**

**segundo elemento más abundante de la Tierra**, importante para la vida y también muy estudiado. Ambos, forman parte de la llamada química orgánica y forman el compuesto más importante para la vida.

El agua ha sido objeto de estudio por la ciencia llamada **termodinámica**, que trata principalmente sobre los procesos de transferencia de calor, mediciones de temperaturas, cambios de estados e intercambio de energía. La termodinámica utiliza como unidades de medición cantidades como presión, volumen, temperatura, energía, entropía, entalpía y otras **cantidades físicas**. Sabemos, por ejemplo, que el agua hierve a 100 grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), se congela a  $0^{\circ}\text{C}$  y pasa de estado sólido a líquido, o de líquido a gas y viceversa, inclusive puede pasar de sólido a gas en algunos casos especiales (**sublimación**).

«Estos cambios de estado, conocidos también como cambios de fase, se producen al variar la temperatura del agua, pero como veremos, no es la única manera»

Gracias a lo aprendido en la escuela o en la vida cotidiana, sabemos también que **el agua no siempre hierve a  $100^{\circ}\text{C}$** . Si estamos en la CDMX, que está a más de 2 mil metros sobre el nivel medio del mar, el agua hierve aproximadamente a  $96^{\circ}\text{C}$ . ¿Por qué? Debido a que, a esa altura, la presión at-

mosférica es menor que si estuviésemos en el mar. Por tanto, si hierve o se congela el agua, depende también de la presión. En consecuencia, el cambio de fase del mismo volumen de agua ocurrirá dependiendo de la temperatura y la presión presente.

Para representar los resultados de **cambio de fase del agua**, por ejemplo, de estado líquido a estado sólido y viceversa, es más sencillo verlo en alguna gráfica. Podemos utilizar un plano cartesiano donde ponemos en el eje horizontal (x) la temperatura y en el eje vertical (y) la presión (ver figura 1). Notamos que, si aumentamos la presión, requerimos mayor temperatura para cambiar la fase del agua. Asimismo, si aumentamos la temperatura requerimos mayor presión. Existe entonces una especie de frontera donde **coexisten dos estados** y que está constituida de pares de puntos (x, y), la frontera divide los dos estados.

### El punto crítico

Investigando estas cosas, es normal que **surjan sorpresas**. Una de ellas es que se pensaba que esa frontera estaría presente; sin embargo, se vio que, a un cierto valor de presión y temperatura **¡desaparecía!** Llegaba a un punto donde ya no había un evidente cambio abrupto de estado. Si la frontera no existía, entonces no había un salto de un estado a otro, sino simplemente una mezcla indistinguible de ambas. El final de la línea de frontera se le denominó **punto crítico**.

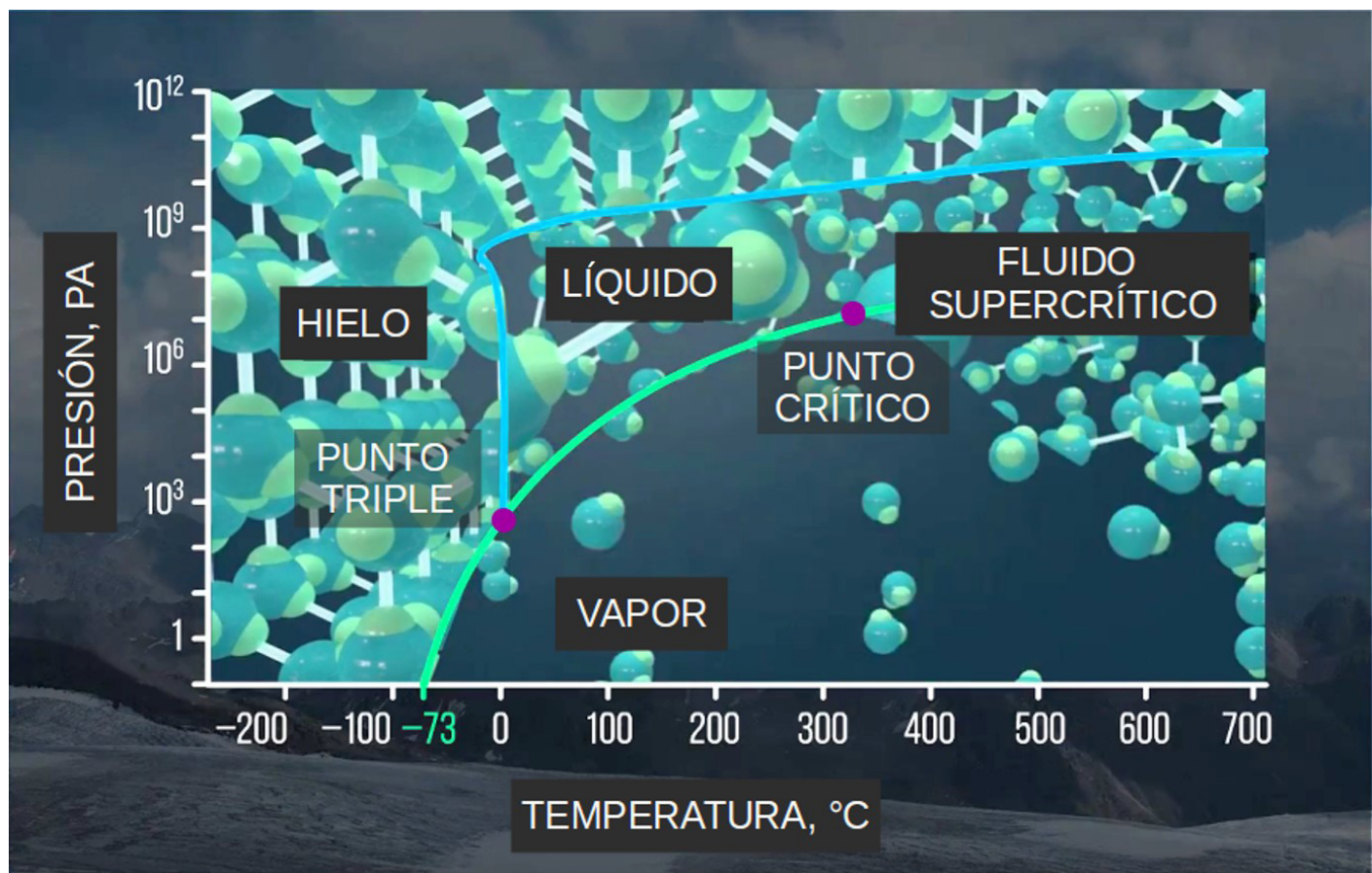


Figura 1. Diagrama de fases del agua. Imagen traducida y tomada de la original del video <https://youtu.be/-B3sQW31sLo>



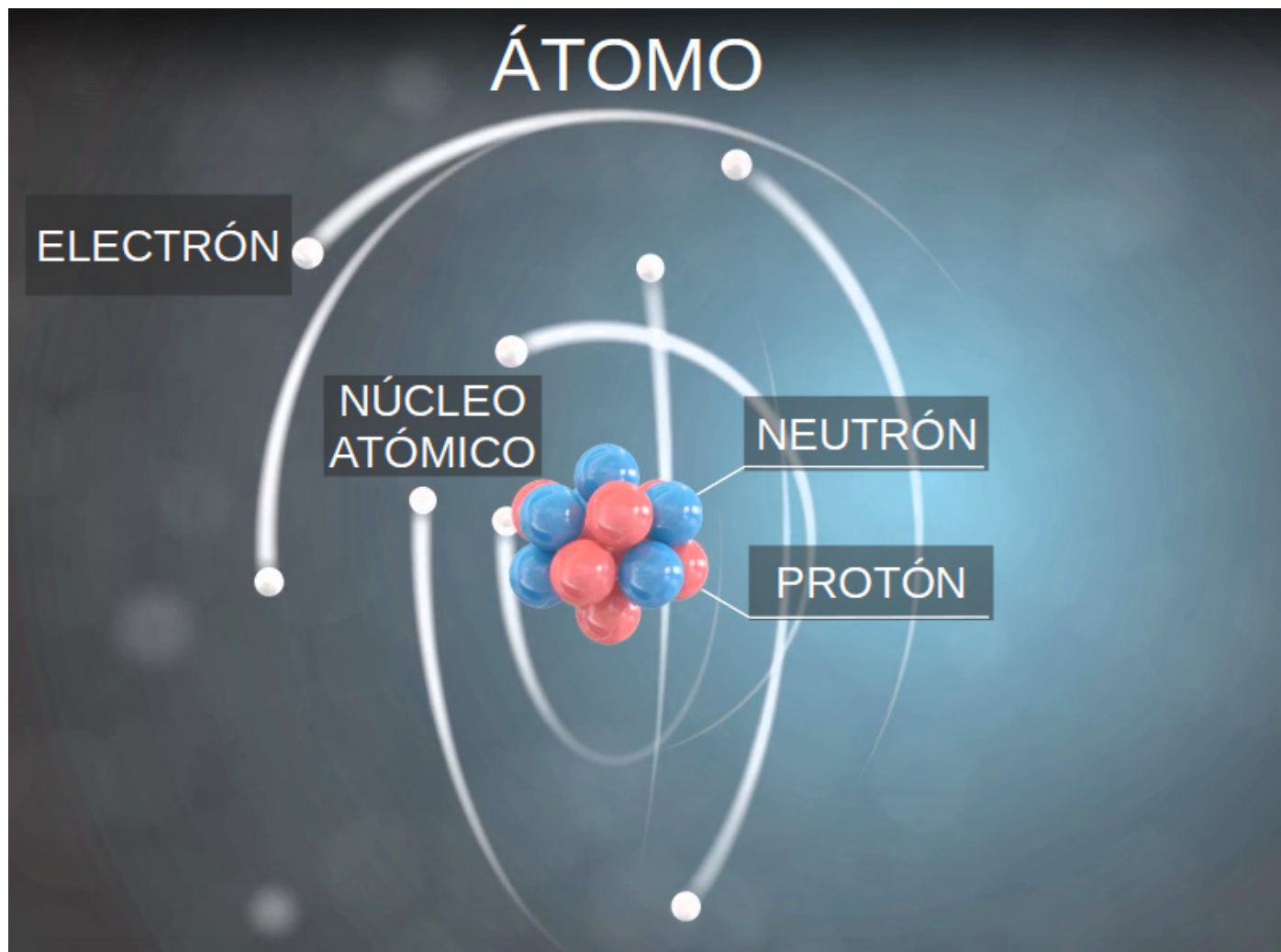


Figura 2. La estructura atómica: electrones (blanco), neutrones (azul) y protones (rojo). Imagen tomada del video <https://youtu.be/-B3sQW31sLo>

Otra sorpresa fue el descubrimiento de un punto especial llamado **punto triple**. Este punto surgía de ciertos valores particulares de presión y temperatura donde **podían «convivir» los tres estados del agua al mismo tiempo**. Con este entusiasmo de hacer investigación se analizaron otros compuestos, otros valores, variaciones de volúmenes y de mezclas químicas; es así como en el siglo XVIII se avanzó en muchas disciplinas científicas y la termodinámica no se quedó atrás. Recordemos simplemente la máquina de vapor, clave para la Revolución Industrial.

#### La fuerza existente que une a los constituyentes del núcleo

Si damos un salto de siglos y nos colocamos en la actualidad, podemos ver que, en ciertas investigaciones de la materia, como lo es la **física de partículas elementales o de altas energías**, se realizan actividades similares para comprender mucho más de qué está hecho nuestro universo. Actualmente tenemos una idea bastante precisa en cuestiones del origen, evolución, constitución y formación de todo lo que nos rodea, lo cual ha sido posible por la antigua búsqueda de los **elementos indivisibles de la materia**. En la época de los griegos a esto se

le llamó átomo (que significa 'sin división'), pero ahora sabemos que los que fueron denominados átomos o elementos químicos, están constituidos por otros entes aún más pequeños como los **protones, electrones y neutrones** (ver figura 2). El núcleo del átomo, formado por protones y neutrones (a excepción del hidrógeno como ya vimos), a su vez está compuesto por otras partículas llamadas **cuarks**. Los electrones hasta donde se sabe, sí son elementales e indivisibles. Y así como se preguntaron los científicos del pasado qué mantenía unidos a los átomos, se preguntaron también qué mantenía unidos a los protones y neutrones en el núcleo atómico.

Cuando se descubrió que el núcleo de los átomos estaba hecho de protones, cargados positivamente, y neutrones, sin carga, surgió una duda muy difícil de responder: si la única carga en el núcleo es positiva, por todos los protones presentes, y están tan cerca uno de otro, ya que las distancias entre ellos son del orden de miles de millones de millones de veces más pequeñas que un metro, y sabiendo que cargas iguales se repelen, entonces, ¿el núcleo sería el objeto más inestable del universo? Y es que con estas características, los protones se separarían a velocidades gigantescas en un instante y el

núcleo solo se formaría por un momento. Por tanto, un núcleo estable se explica por la presencia de una **fuerza desconocida**, no gravitatoria y no electromagnética que debía unir a los constituyentes del núcleo.

Esta fuerza fue llamada, usando mucha imaginación, **fuerza Fuerte**, que fue objeto de mucha investigación a inicios del siglo XX, descubriendo que esta no solo era **responsable de la unión de protones y neutrones en el núcleo**, sino también de que los constituyentes de los mismos protones y neutrones estuvieran unidos para mantener estable la materia. Esta fuerza, aún en nuestros días, sigue siendo muy estudiada por lo que ya se entiende más de esta, e inclusive, se han hecho avances en la ciencia por tener una teoría que la explique; sin embargo, aún falta mucho por explorar para proponer una teoría completa.

Actualmente, esta teoría se conoce como **Cromodinámica Cuántica** y es la que denominamos como **física de frontera** en esta obra. Todos estos avances también requirieron agrupar a las partículas respecto a las que interactúan fuertemente y las que no, estos son *hadrones* y *leptones*. Los *hadrones* son partículas formadas por *cuarks* rodeados por una nube de *gluones* y se dividen en dos: los *mesones* que se conforman tanto de un *cuark* como de un *anticuark* y los *bariones* que están formados por tres *cuarks*, como el protón y el neutrón. Por otro lado, los *leptones* son la contraparte ligera

y sutil de los núcleos, llamados *electrón*, *muon*, *tau* y *neutrinos* (neutroncito en italiano).

### Y ahora, la física de frontera

La Cromodinámica Cuántica (QCD, Quantum Chromodynamics) explica exitosamente la manera en que los núcleos y sus constituyentes más elementales se forman, interactúan entre ellos y se transforman. Su nombre deriva de tener en sus bases la teoría llamada *Mecánica Cuántica*, que a inicios del siglo XX explicó con mucho éxito la **física del átomo**. El nombre *cromo* viene de la raíz griega que significa 'color', pues al tipo de carga, distinta de la eléctrica, se le llamó carga de color, conocidos como *gluones*, de *glue*, pegamento que une a los *cuarks* (ver figura 3), aunque no tiene nada que ver con los colores del espectro electromagnético de la luz. El desarrollo de esta teoría se debió a los grandes **experimentos llamados de altas energías** que existen en el mundo, los cuales se realizan en laboratorios específicos (el JINR es uno de ellos, más adelante hablaremos de él), muy grandes, donde existen los **aceleradores de partículas**, cuya función es realizar choques entre haces de partículas a energías cada vez más grandes.

Una manera de avanzar en el conocimiento de la QCD, es a través del **estudio de la fuerza fuerte en un diagrama de fase**, como en el caso del agua. Entender y completar el «diagrama de fase de la QCD», significa estudiar cuáles son las propiedades

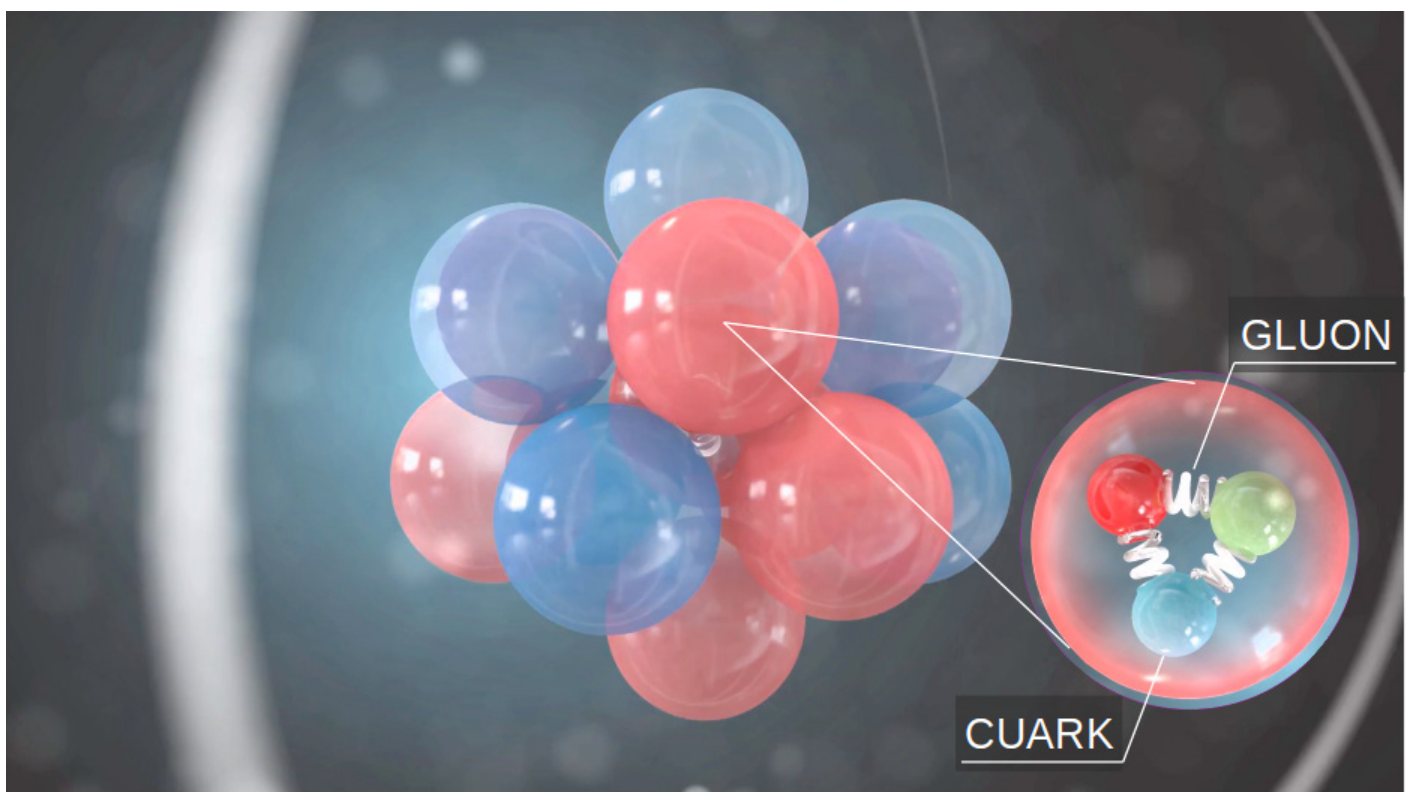


Figura 3. Los constituyentes del núcleo atómico con detalle de cuarks y gluones en uno de sus protones. Imagen tomada y modificada del video <https://youtu.be/-B3sQW31sLo>



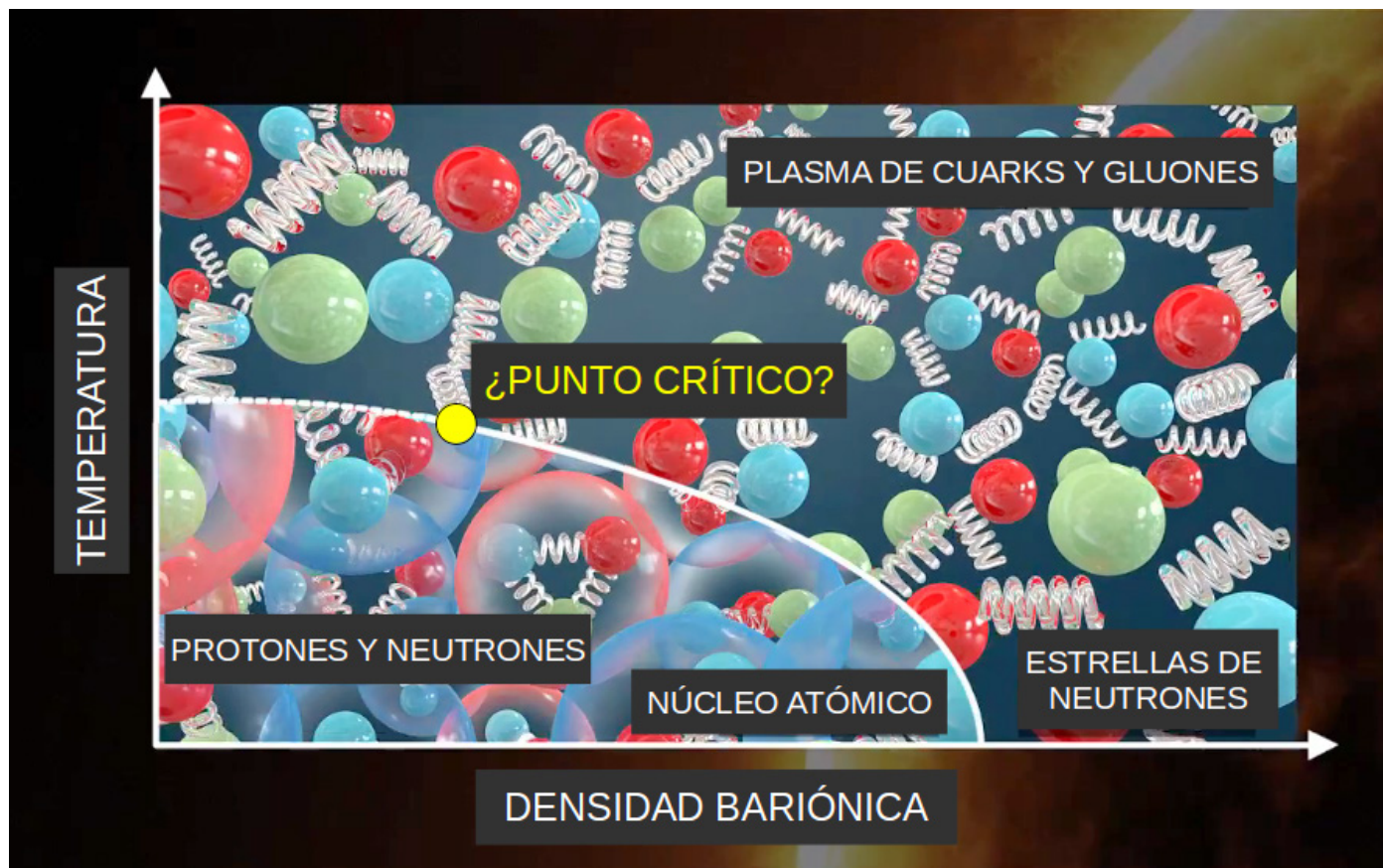


Figura 4. Diagrama de fase de la QCD. Imagen traducida y tomada de la original del video <https://youtu.be/-B3sQW31sLo>

de la interacción fuerte en la situación en que la materia nuclear se encuentra sujeta a condiciones de **altas temperaturas y densidades**. La manera termodinámica de estudiar la QCD, es encontrar cómo es este diagrama de fase con dos variables principales; si en el agua era la presión y la temperatura, en la QCD será el potencial químico ( $\mu_B$ ) y de nuevo la temperatura ( $T$ ) (ver figura 4). El potencial químico es una variable que está relacionada con la densidad de materia, llamada **bariónica**, que existe en el universo o que puede producirse en los laboratorios con aceleradores.

Si vemos el diagrama de fase de la QCD, los choques de los haces de partículas de los aceleradores pueden abarcar grandes temperaturas, pero bajas densidades. Por otra parte, en los núcleos de las llamadas **estrellas de neutrones** aparecen densidades colosales, pero baja temperatura. Para el estudio completo del diagrama de fase, se debe variar tanto la temperatura como la densidad de manera controlada. Esto se logra variando la **energía del choque de los haces** y, asimismo, variando las especies de núcleos en esos haces. Gracias a los fotones (partículas de luz) producidos en la colisión es posible determinar la temperatura, mientras que los *leptones* (provenientes de los *mesones*), que también se generan en la colisión, proporcionan información de la naturaleza de la estructura de la fase. Con ello se busca la frontera que divide el estado de la materia que está aún unida por sus

constituyentes (**fase confinada**) contra la que está libre de los constituyentes elementales de ella (**fase desconfiada**) conocida como «*Plasma de cuarks y gluones*» o QGP (Quark-Gluon Plasma). Encontrando esta frontera, se podrá asimismo verificar y localizar la existencia del llamado punto crítico.

#### Laboratorio JINR en Dubna, Rusia

Uno de los intereses más importantes para el estudio de la QCD es investigar las propiedades de este diagrama, determinar si existe una línea de frontera entre estos estados confinado y desconfiado, si existe un corte en la frontera, es decir, un punto crítico y dónde se encuentra. Conocer esto ayudará sin duda a entender mejor esta teoría y las propiedades primarias de la fuerza fuerte.

En particular, en la ciudad rusa de Dubna se encuentra el laboratorio **Joint Institute for Nuclear Research** (JINR por sus siglas en inglés), uno de los que existen en el mundo cuyo interés es el estudio de la QCD y en el que se tiene un complejo de aceleradores, sistemas de detección, talleres mecánicos, departamentos de electrónica, física, computación, diseño, entre otros, para la investigación de la **física nuclear**. Desde su realización en los años 50s del siglo pasado, este laboratorio se ha dedicado a la creación y estudio de los elementos más pesados de la **tabla periódica**, lo cual lo ha llevado a ser un centro reconocido mundialmente en la investigación de núcleo atómico y de las fuerzas que intervienen

en él. Actualmente en el JINR se está construyendo un nuevo acelerador llamado Nuclotron-based Ion Collider fAcility (NICA), con el objetivo de crear los choques de haces de núcleos atómicos a energías apropiadas para estudiar el diagrama de fase de la QCD (ver figura 5).

En el mundo existen **otros experimentos** interesados en estudiar el desconfinamiento. Entre ellos está el Relativistic Heavy Ion Collisions (RHIC) y el Large Hadron Collider (LHC), que trabajan con haces de protones a energías mayores y densidades menores a las exploradas por NICA, donde se explorará esta región porque resultados experimentales reportados por el experimento Super Proton Synchrotron (SPS), sugieren que la fase desconfiada de la materia nuclear puede ser creada ahí. Corroborar un resultado experimental es la base del **conocimiento científico**, por ello, en sus primeras etapas, NICA realizará pruebas de consistencia con los resultados reportados por estos otros experimentos.

### Grupo mexicano en NICA

Es evidente que un experimento como NICA necesita la colaboración y el aporte de muchos gru-

pos científicos, como así ha acontecido con otros experimentos en el mundo. En este sentido, un grupo mexicano integrado por un equipo de investigadores en **física teórica y experimental** tiene una participación que abarcará tanto el estudio, análisis y comprobación de modelos teóricos que expliquen algunos fenómenos de la QCD, así como la propuesta, diseño, pruebas y construcción de un sistema de detección que formará parte de uno de los dos principales experimentos de NICA: el Multi-Purpose Detector (MPD). El otro experimento es el Spin Physics Detector (SPD) dedicados al estudio de otra propiedad de los cuarks que aún requiere mucha investigación: **el espín**.

La estrategia de nuestro grupo es investigar las técnicas de la QCD en el sector donde la **densidad bariónica** está presente, utilizando teorías llamadas efectivas que describan las propiedades de la QCD. Además, la aportación experimental será no solo en incluir el sistema de detección en el experimento, sino también en la etapa de toma de datos, para realizar el análisis y procesamiento de los mismos y de ellos extraer la información experimental que ayude a completar con más precisión el diagrama de fase de la QCD.

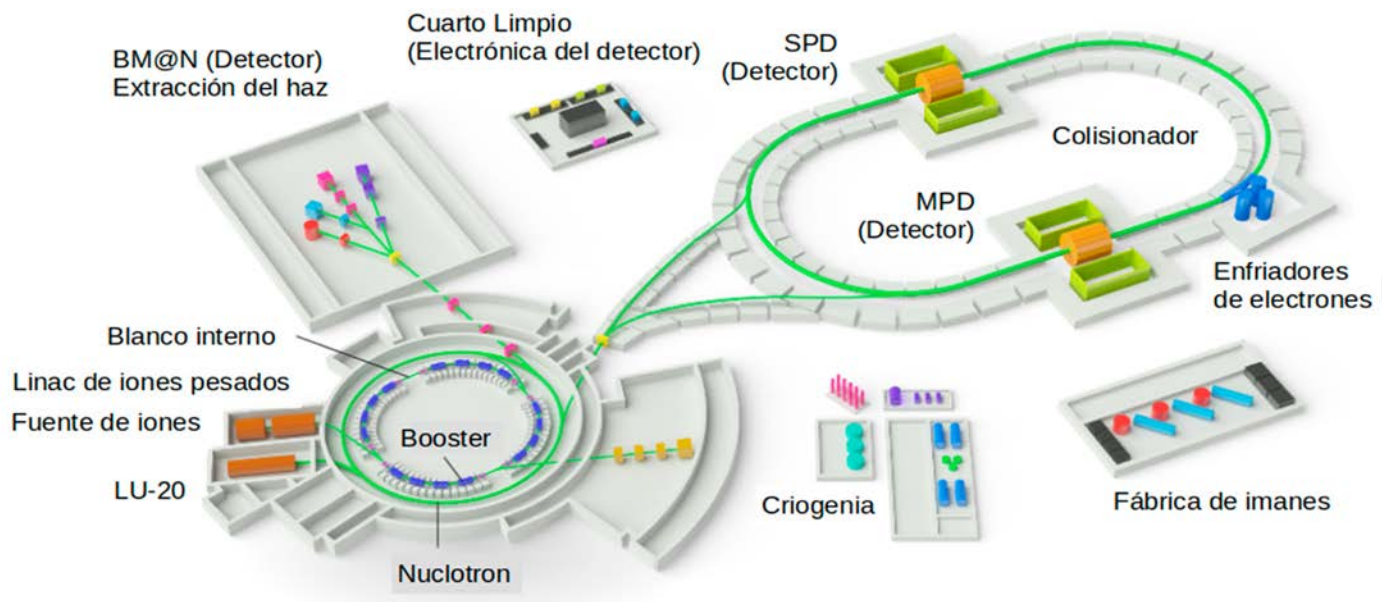


Figura 5. Complejo NICA. Imagen traducida y tomada de la original en <http://nica.jinr.ru/complex.php>



Briceño R. (2018, 8 de marzo). *El mundo exótico de quarks y gluones* [Video]. YouTube. [https://youtu.be/3\\_ErBoMgTnU](https://youtu.be/3_ErBoMgTnU)

Courtoy A. (2017, 11 de septiembre). *La estructura del protón* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/MY18sorgJGQ>

iCPAN 2010. (2013). *Colisiones protón contra núcleo en el LHC: Una pelota de 'ping-pong' contra un balón de fútbol*. <https://www.i-cpan.es/es/content/colisiones-prot%->

[C3%B3n-contra-n%C3%BAcleo-en-el-lhc-una-pelota-de-ping-pong-contra-un-bal%C3%B3n-de-f%C3%BAt-bol](https://www.i-cpan.es/es/content/colisiones-prot%-C3%B3n-contra-n%C3%BAcleo-en-el-lhc-una-pelota-de-ping-pong-contra-un-bal%C3%B3n-de-f%C3%BAt-bol)

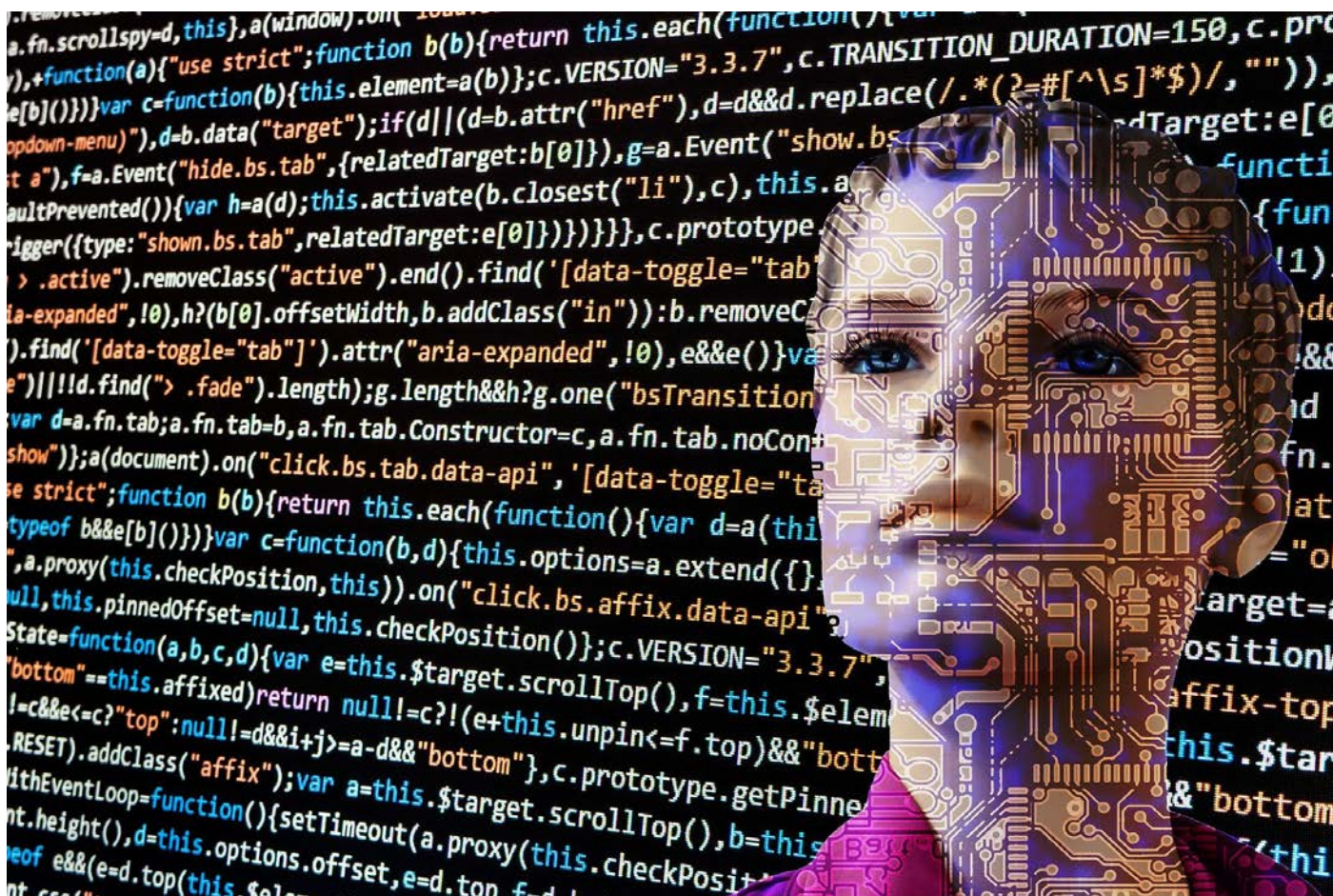
iCPAN 2010. (2014). *Determinan con precisión una propiedad de la materia tras el Big Bang*. <https://www.i-cpan.es/es/content/determinan-con-precisi%C3%B3n-una-propiedad-de-la-materia-tras-el-big-bang>



# TECNOLOGÍA

## Arquitectura del software

Rodrigo Sánchez Peregrino y Miguel Pérez Vasconcelos



### Un poco de historia de la arquitectura del software

**H**oy en día el término “arquitectura” en el desarrollo de software se está consolidando cada vez, esto debido al alto porcentaje de proyectos que fracasan en este sector según un estudio realizado por la página de techbizdesign. El concepto se empezó a conocer en la década de 60’s en los círculos de investigación (por ejemplo, por Edsger Dijkstra). Sin embargo, empieza a tomar popularidad en la década de los 90’s tras reconocer la denominada crisis del software, éste se refiere a los problemas que va experimentando un software debido principalmente a la poca eficacia de la realización del mismo.

En el sector de tecnologías de la información hay diferentes tipos de áreas a las que va orientada una arquitectura como: arquitectura de hardware,

**Rodrigo Sánchez Peregrino**, Ingeniero en Sistemas Computacionales, estudiante de Maestría en Tecnologías de la Información, Instituto Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Villahermosa, Departamento de Investigación y Posgrado.  
[rodrigo.sanchezprg@gmail.com](mailto:rodrigo.sanchezprg@gmail.com)

**M.C.T. Miguel Pérez Vasconcelos**, Instituto Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Villahermosa, Departamento de Investigación y Posgrado.  
[mpvasconcelos@gmail.com](mailto:mpvasconcelos@gmail.com)

arquitectura de sistemas, arquitectura de microprocesadores, entre otros. Todos estos van orientados al mismo término "arquitectura", el que se refiere específicamente al arte y a la técnica de proyectar, diseñar y construir edificios.

El concepto de arquitectura de software se ha definido desde 2016 como la estructuración del sistema que, idealmente, se crea en etapas tempranas del desarrollo. Al desarrollar un software primero se debe definir la base en la que se va a crear, considerando la tecnología a incorporar, algún patrón de diseño y las diferentes implementaciones que el software pueda tener, dependiendo la necesidad para lo que se desarrollará. Al crear un tipo de arquitecturas de software, se debe definir la tecnología adecuada con una base sólida que se adapte a diferentes proyectos de innovación que permita ajustarse a las necesidades, esto permitirá un mejor uso de los métodos que se implementen, optimo mantenimiento del software y alto rendimiento del mismo.

### Tecnología API REST

Hoy en día la tecnología "API REST" es una de la más utilizadas al desarrollar aplicaciones web, ya que permite comunicación entre sistemas sin depender de un lenguaje de programación específico. La "arquitecturas Rest" (de las siglas en inglés, Representational State Transfer) se define como un estilo de arquitectura cuando se realiza una comunicación entre cliente y servidor. Esta comunicación permite el poder intercambiar información de forma más práctica.

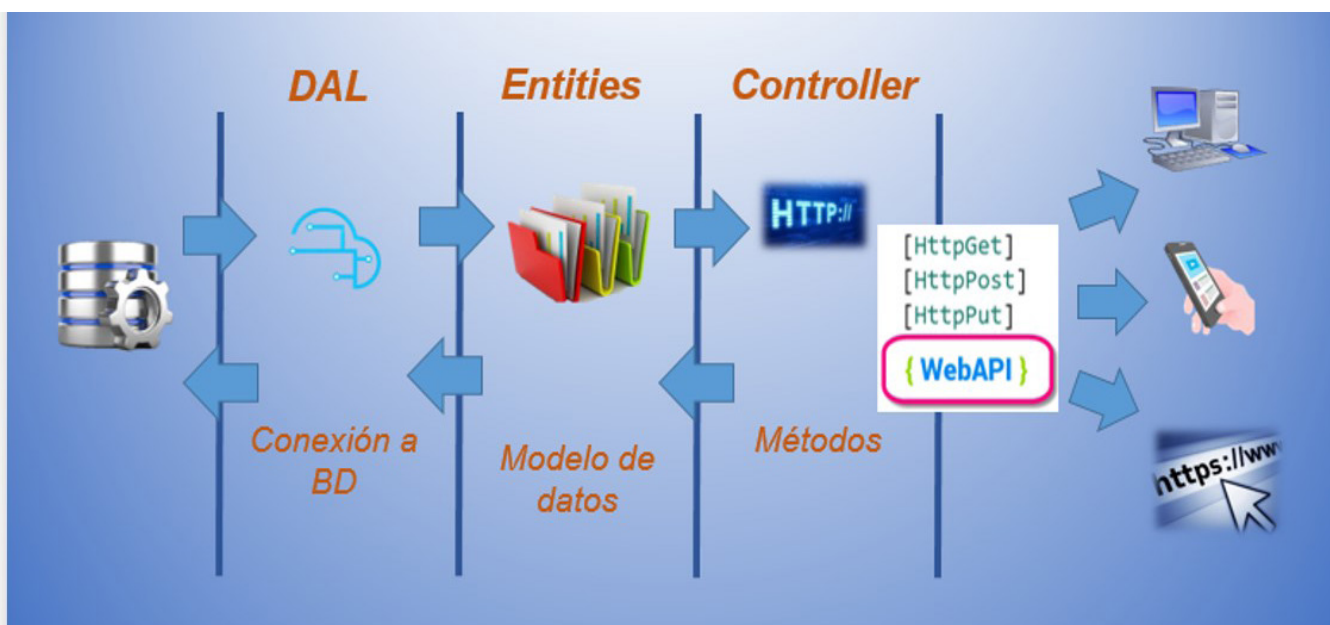
En la actualidad, algunos proyectos o aplicaciones que se encuentran en la web, dispone de una API REST para la creación de servicios, Twitter, Spo-

tify, Facebook y demás aplicaciones por mencionar las más populares que manejan este tipo de tecnología en su arquitectura. Ésta se maneja por capas y se divide la aplicación en back-end y front-end. Al precisar esta estructura tenemos que el back-end como su nombre lo indica, es todo lo que va detrás de la aplicación, es donde tenemos toda la programación lógica y funcional de la misma. Por otro lado, el front-end es donde se recibirán todos los datos que serán enviados por el back-end y se colocarán de forma que el usuario tenga una interfaz fácil de visualizar y manipular.

Teniendo la arquitectura con API REST ya planteada, se detallará cada una de sus capas teniendo en cuenta su estructura Back-end que contará con la base de datos, el DAL (Data Access Layer), las entidades y el Controller. Con Front-end es donde se podrán ver los datos ya procesados haciendo uso del Framework Angular.

### BACK-END

La base de datos es un elemento importante del "Back-End" conformada con una estructura básica o típica en la que se puedan gestionar los datos, en esta arquitectura se recomienda tener incluida la lógica utilizando Stored Procedure, que son procedimiento almacenados en el cual se puede crear algo parecido a funciones de programación pero en este caso lleva la lógica para poder crear el CRUD, en cada una de las tablas, así como también manejar los datos de una manera abstracta y crear el código SQL, adecuado para algunas situaciones dependiendo de las necesidades de la aplicación. Los Stored Procedures tienen la ventaja de que se ejecutan directamente en el motor de base de datos atendiendo peticiones del usuario, evitando la



Arquitectura de software con Api Rest



sobrecarga resultante de comunicar grandes cantidades de datos, así como recibir y generar parámetros de salida.

### DAL

“Data Access Layer”, como su nombre lo indica es la capa de acceso a datos, como todo desarrollador, sabemos que es muy importante tener una buena conexión con la base de datos en la que se pueda mantener una buena comunicación con los datos, el DAL usualmente en esta arquitectura contiene esa conexión implementada con métodos en donde se puede crear directamente scripts SQL, para así poder recuperar y modificar los datos que estaremos utilizando en nuestra aplicación.

Al tener Stored Procedure en nuestra arquitectura, prácticamente la lógica de los scripts SQL estarán directamente en el motor de base de datos y no en el Data Access Layer, por lo que solo se procederá a llamar esos procedimientos almacenados, así como enviarles los datos que éste requiera, éste hará su procesamiento y tendremos los resultados esperados.

### ENTIDADES

Básicamente en la capa “entidades”, estarán los modelos de los objetos que manejarán los Stored Procedures, comunicándose directamente con el Data Access Layer y facilitando la manipulación de datos. Un modelo es una abstracción de algo, cuyo objetivo es comprenderlo antes de construirlo. Dado que los modelos omiten los detalles no esenciales, es más sencillo manipularlos que operar la entidad original. La abstracción permite enfrentarse a la complejidad. Los ingenieros, artistas y ar-

tesanos han estado construyendo modelos durante miles de años para probar los diseños antes de ejecutarlos.

### CONTROLLER

El “controller” manejará cada una de las acciones de toda la arquitectura para poder así exponer los datos o recursos a los usuarios finales, a través de las APIS REST, todo esto gracias a los métodos HTTP que permiten comunicar al servidor, lo que se requiere realizar a través de una URL. Los métodos más aplicados a aplicaciones REST son:

- **“Get”**: que se utiliza para leer una representación de un recurso, éste te devuelve el resultado en un formato concreto que en este caso sería el formato JSON.
- **“Post”**: normalmente en el método Get se tienen algunas limitaciones, como por ejemplo al momento de mandar más cantidades de datos, mientras que el método post puede enviarlos estableciendo un body (cuerpo), dentro del request (datos enviados) que contendrá cada uno de los datos.
- **“Put”**: este método funciona de manera similar al post, pero se utiliza para actualizar los datos, al igual que el post este maneja un body y no muestra información al enviar los datos.
- **“Delete”**: este método, básicamente elimina un recurso identificado en la URI.

### FRONT-END

Angular es un “framework” de desarrollo para JavaScript creado por Google, cuya finalidad es facilitarnos el desarrollo de aplicaciones web SPA, proporcionando herramientas para representar los datos de una manera sencilla y óptima.





Este framework ofrece herramientas al programador para poder consumir los datos de una API REST, permitiendo manipularlos de manera dinámica y crear modelo de datos correspondientes. Al implementarlo podemos detallar como queremos visualizar los datos ya que toda la lógica queda a cargo del Back-End

### Software: una arquitectura por capas

Como se puede observar, ésta es una arquitectura por capas que implica una estructura más fácil de visualizar de cada uno de los componentes del software. Al detallarlas, se comprende un poco más la comunicación que maneja cada una de éstas entre sí, ya que se implementa correctamente esta arquitectura, utilizando cada uno de los métodos http de manera adecuada. A partir de ello, tendremos APIs que podremos consumir directamente a través de un EndPoint definido; al llamar una API

tendremos como respuesta un formato JSON, que contendrá los datos que nosotros utilizaremos para poder ser comprobados por diferentes herramientas, como por ejemplo, Postman, en el cual podemos ver claramente la respuesta del EndPoint que solicitamos.

Una de las ventajas, es que al momento de realizar mantenimiento o cambio de datos en la aplicación, el desarrollador solo debe dirigirse directamente a la capa que debe ser manipulada y así no tratar con los otros componentes de la aplicación, lo que ayuda a que la aplicación no tenga muchos fallos e inconsistencias y pueda ser actualizada de manera sencilla y dinámica. Esto, ofrece la separación entre cliente-servidor para mejorar la portabilidad que la aplicación pueda tener a otras plataformas, aumentando la posibilidad de expansión del proyecto y permitiendo que los diferentes componentes desarrollados puedan evolucionar de forma independiente.



BBVA API\_Market. (2016). API REST: qué es y cuáles son sus ventajas en el desarrollo de proyectos <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/api-rest-que-es-y-cuales-son-sus-ventajas-en-el-desarrollo-de-proyectos>

Romero P.A. (2006). Arquitectura de software, esquemas y servicios. *Ingeniería Industrial*, XXVII(1):19-21. <https://www.redalyc.org/pdf/3604/360433560001.pdf>  
 Álvarez-Caules C. (2018). Arquitecturas REST y sus niveles. *ArquitecturaJava*. <https://www.arquitecturajava.com/arquitecturas-rest-y-sus-niveles/>

[va.com/arquitecturas-rest-y-sus-niveles/](https://www.arquitecturajava.com/arquitecturas-rest-y-sus-niveles/)

techbizdesign (2018). ¿Por qué fracasan hoy el 70% de los proyectos de software? <https://www.techbizdesign.com/biz/fracaso-proyectos-software/>

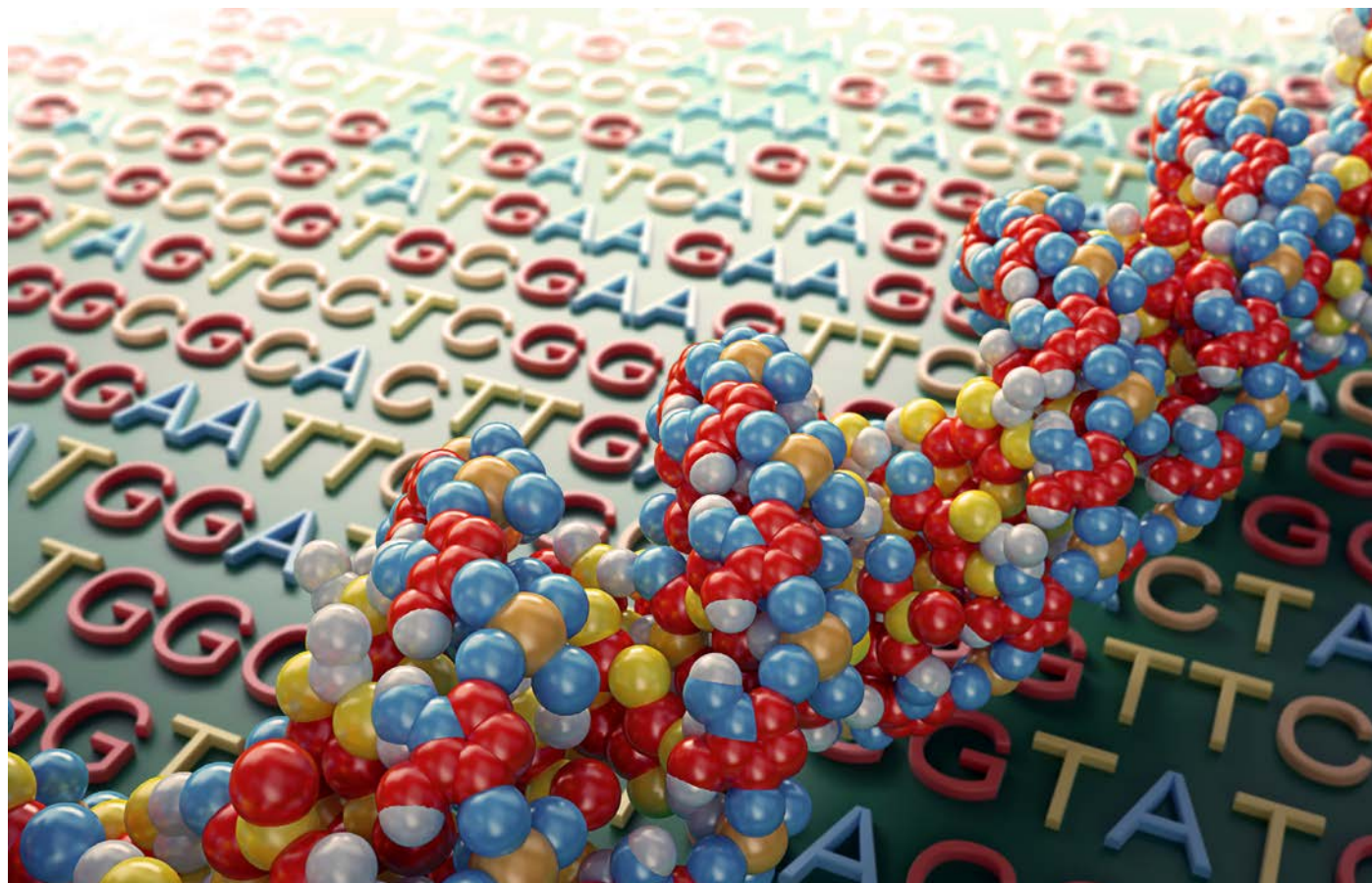
Rossi B., Brtios P. y García-Martínez R. (s.a.) Modelado de objetos. CAPIS - Centro de Actualización Permanente en Ingeniería de Software Escuela de Posgrado. ITBA. <http://laboratorios.fi.uba.ar/lisi/rgm/articulos/R-IT-BA-26-objetos.pdf>.



# UNA PROBADA DE CIENCIA

## ADN basura

Horacio Cano Camacho



Cuando se emprendió el proyecto "Genoma humano" (1990), un esfuerzo internacional para secuenciar completamente el genoma humano e identificar y "cartografiar" todos los genes de un humano promedio, nadie imaginaba que el esfuerzo no solo implicaba aspectos técnicos: el problema mayor era la "interpretación" de los resultados.

Siempre se había comparado, por analogía, al genoma (el contenido total de genes de un ser vivo) como un libro de instrucciones o una suerte de manual escrito en un lenguaje químico muy simple, en el que las instrucciones están codificadas por el orden de acomodo de las cuatro letras que forman ese código: Adenina (A), Timina (T), Guanina (G) y Citosina (C).

Estas cuatro "letras" se acomodan de manera muy precisa, pero variable. Digamos que la oración UUAGGAACGUAA (doy el código en ARN por si alguien quiere verificarlo en la tabla correspondiente al código genético) significa que la maquinaria celular acomoda allí los aminoácidos Leucina-Glu-

**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.  
[hcano19z1@mac.com](mailto:hcano19z1@mac.com)

támico-Treonina-Stop (UAA es una señal de paro de la síntesis de proteínas). Hay, además, muchas secuencias cuyo significado conocemos ya muy bien como el inicio de un gen, donde debe iniciar la transcripción y donde termina, así como las secuencias características de varios tipos de proteínas... De manera que, si secuenciamos, es decir, obtenemos el orden de acomodo de cada letra de este código, podremos interpretar esas instrucciones contenidas en él, o eso se pensaba con muy ingenuidad.

Un primer problema es el tamaño del genoma humano. Se habían secuenciado hasta entonces varios genes, tanto de humanos como de muchas otras especies, de unos cuantos miles de pares de bases (Kb) que es la medida del "tamaño" de un segmento del ADN correspondiente a un gen pequeño y de algunos virus, hasta genomas completos de unos pocos millones de pares de bases (Mb). Era un trabajo inmenso para la época, que podía durar años por las dificultades técnicas. El esfuerzo, por lo tanto, era mayúsculo ya que el genoma humano andaba por las 3,400 Mb, es decir 3,400 millones de pares de bases. Comparémosla con el genoma de la bacteria *Escherichia coli* ya secuenciado para entonces, que es de 4.6 millones de pares de bases y nos da una imagen de la tarea. Regresando a la analogía del libro, la bacteria tiene un libro con 4 millones y medio de letras, mientras que el libro humano lo tiene de más tres mil millones de letras... Y el tamaño no lo era todo.

Pensemos que la bacteria tiene un gen (en promedio, una bacteria tiene alrededor de 4,000 genes) que en la analogía del libro se escribe como una oración continua: "ESTAESUNAPROTEINAPARATRANSPORTARSODIO". Podemos con la tarea. La palabra tendrá señales de donde comienza, donde termina y las pausas entre palabras específicas. Pero resulta que los genes de los eucariotas, es decir de los organismos que poseemos membranas nucleares y sistemas endomembranales y conformamos el otro dominio de los seres vivos (las bacterias y arqueas son procariontas y no poseen eso), nuestros genes no son oraciones continuas. Este mismo gen en el humano podría verse así:

"LMNGEMNOSTAERTSSLMNNAPCSUNAAHHVBUSNRTPRORTVCCTEI QWERTYUILOPASNAZAXQSWCDEPARASDFGAZXCVCBBNMÑLKJHGFDSATRANQWERSPORPOIUYTRETARÑLKJHGFDSSODIOMNBPOIU".

Yo resalto la oración que buscamos para facilitar la lectura, pero en la realidad esto no sucede, debemos interpretar y luego probar cual es la oración contenida allí.

Para cuando inició el proyecto, sabíamos que los genes eucariotes se encuentra interrumpidos por secuencias "sin sentido", llamadas intrones. En ocasiones esas secuencias son gigantescas, mucho

más grandes que los exones o parte de la oración con sentido (en rojo en mi ejemplo).

Pero no había problema, para entonces se conocía ya que los intrones tienen secuencias precisas que indican sus límites, así que una computadora potente, alimentada con estas secuencias, podría fácilmente identificarlas y señalarlas para nosotros con el fin de hacer más fácil la lectura de las oraciones...

Un gen es una secuencia de la combinación de las letras ATGC en palabras variables en tamaño, muchas veces interrumpidas por intrones, pero muy bien acotada. Es decir, inicia en un punto y termina en otro que se pueden identificar. El tamaño "efectivo", de los exones, anda en promedio entre los 1000-1500 pares bases, pero los intrones los hacen más grandes. Además, los genes poseen una región regulatoria que le indica, a la maquinaria celular, donde inicia el gen (se le llama a esta secuencia, promotor) y allí se posa el complejo proteico que "lee" el gen y lo traduce a una secuencia de ARN que luego va a ser interpretada para sintetizar una cadena de aminoácidos de una proteína. Se conocen muchos promotores y sabemos que varios son comunes a cierto tipo de genes, pero hay promotores que determinan la expresión precisa, espacial y temporal de muchos genes, de manera que hay que identificarlos y eso requiere no solo una computadora, también, el trabajo experimental en el laboratorio.

Además de los promotores, hay una serie de secuencias más o menos pequeñas, de unas cuantas letras de longitud, hasta algunas decenas, que actúan como moduladores de la expresión de los genes y se les llama "elementos cis". Estas secuencias determinan el órgano en que se expresa un gen, el momento o condición en que lo hace, incluso cuánto se expresa. Conocemos muchos de estos módulos y sabemos que se combinan en mu-





chos genes que responden a condiciones similares. Sabemos que hay módulos de respuesta a la luz, por ejemplo, que se presentan en los promotores de genes que responden a la luz; los hay de respuesta a las heridas; a la concentración de determinados nutrientes; a determinadas hormonas y señales celulares, etc. Pero no los conocemos todos, ni mucho menos, de manera que, para los años del proyecto, era un reto enorme su identificación, que necesariamente debería hacerse en el laboratorio y probarse con evidencias muy sólidas...

Hasta aquí quiero remarcar que la "lectura" del libro del genoma no es equivalente a la lectura de este artículo y, por lo tanto, el libro en cuestión no es un libro común, de hecho, en la biología molecular moderna esa analogía ya casi ni se usa. El asunto es que para 1990 teníamos un "libro" cuyo texto no es continuo, con un montón de palabras o frases que ignoramos su significado y peor aún, un porcentaje muy importante de ese texto ...no parece tener sentido, es decir, palabras claras, parece basura.

### ¿Qué tanto del texto en el libro no tienen sentido?

Los genes tienen tamaños muy variables porque codifican para proteínas muy diversas. Hay proteínas de entre 100 y 300 aminoácidos (aa), algunas incluso más pequeñas y las hay más grandes de más de mil aa (un anticuerpo como IgG tiene 1320 aminoácidos, mientras que la hemoglobina tiene 564). Hay proteínas más grandes como la titina de los músculos que tiene 30,000 aa... De manera que sus genes varían mucho en tamaño. Si le adicionamos el asunto de los intrones y todas las otras secuencias pues ya tenemos un porcentaje muy grande de "ADN basura" o texto sin sentido.

Podríamos pensar que entre más complejo es el organismo, más grande es su genoma porque requiere más proteínas para armarse y tiene más funciones... Un humano es claramente más complejo que un gusano o una cebolla. Pero no es tan simple...

En tamaño del genoma no tiene relación con la complejidad. Los genomas de las bacterias son pequeños, de unos pocos miles hasta millones de bases. Y esto tiene sentido. Son organismos unicelulares, muy sencillos, microscópicos y con funciones muy elementales. El genoma más pequeño, hasta el momento, es el del endosimbionte *Buchnera sp.* una bacteria que habita en los pulgones y tiene un ADN de apenas 0.45 Mb o el de un patógeno intracelular llamado *Mycoplasma genitalium* de 0.58 Mb. En promedio, los genomas bacterianos no son mayores de 5 Mb. Los genes de las bacterias no están interrumpidos, son continuos y están organizados de manera que un promotor controla varios

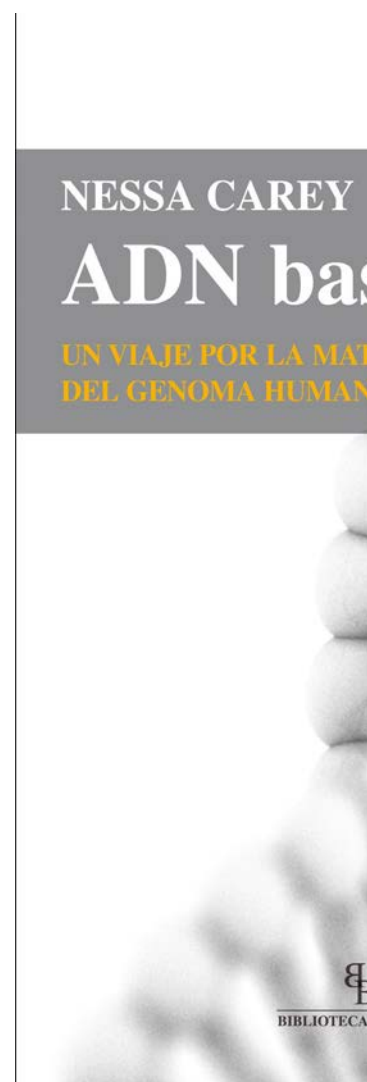
genes de una misma ruta y hay pocas secuencias moduladoras.

El problema llega con los eucariotas. El genoma más grande conocido es el de una florecita japonesa llamada *Paris japonica* que tiene un tamaño de 150,000,000,000 de pares de bases (¡150 billones!) y el pez pulmonado de marmol *Protopterus aethiopicus* tiene, hasta ahora, el segundo genoma más grande con 138 billones de pares de bases; la cebolla, esa de la cocina, tienen un genoma de 18,000 Mb, es decir, varias veces más grandes que el genoma humano que es de "apenas" 3,400 Mb (3,400 millones). Sabemos que muchas plantas, animales como las ranas, los peces, los insectos o los gusanos, tienen genomas mayores que nosotros.

Entonces, es claro que esos bichos no pueden tener más genes que un humano... Por alguna razón, los biólogos moleculares pensaban en 1990 que "minimamente" debería haber unos 150,000 genes en el humano. Esa era la estimación basada en las funciones bioquímicas y las estructuras que se conocían, más un promedio del tamaño de un gen en relación al tamaño del genoma (recuerde, tres mil cuatrocientos millones de bases). Para el año 2000 que se presentó el primer borrador del genoma humano, la sorpresa mayúscula era que el número estimado de genes era menor. Al inicio se calculó en 45,000, luego de diversas pruebas de laboratorio y nuevos análisis se ajustó a la baja: 35,000, 28,000, 25,000...

Actualmente se estima que tenemos alrededor de 20,000 genes. Si lo comparamos con cuántos genes se necesitan para componer un gusano nematodo, continúan las sorpresas: 18,500; una mosca 13,500, una rana unos 25,000. Si calculamos la proporción de genes por función metabólica de las proteínas que codifican, nos encontramos con que independientemente del tamaño del genoma y del número de genes, la distribución de los mismos por función es una constante en todos los seres vivos desde una levadura hasta nosotros. Es claro que en el genoma completo no todos son genes.

Regresando a la analogía del genoma como un libro: resulta que nuestro libro de millones y mi-



llones de palabras sólo tiene unos pocos miles de las mismas que tengan sentido. El 98% del genoma de un ser humano no codifica para proteínas, es decir no tiene sentido... aparentemente.

Entonces ¿por qué los eucariotas, como nosotros, tenemos genomas tan grandes? Como hasta hace poco no comprendíamos esta paradoja, al 98% del genoma se le comenzó a llamar "DNA basura", asumiendo que no tenía sentido alguno. El asunto es que no lo entendamos no significa que no cumpla una función o no tenga alguna importancia. Y esta noción rápidamente comenzó a

cambiar. Resulta que la definición de gen usada hasta entonces no era la correcta. Se asumía que un gen es la secuencia de bases del ADN que codifican para un polipéptido (una cadena de aminoácidos), pero esto no es exacto. Hay un número muy grande de genes, incluso mayor que los genes protéicos, que codifican para ARN, un polímero parecido al ADN, pero de cadena sencilla y que realiza múltiples funciones esenciales para la vida. Hay ARNt que su función es trasladar a los aminoácidos hasta la fábrica de proteínas (ribosomas) y son específicos para cada aminoácido; hay ARNr que son los verdaderos interpretes del código genético y forman la parte catalítica de los ribosomas; tenemos los ARNs que juegan papeles determinantes en la remoción de los intrones y la maduración del ARNm que lleva el mensaje genético hasta las fábricas de proteínas y una miriada de ARNs más, involucrados en la regulación de diversas funciones celulares o la defensa contra genomas ajenos, entre otras y

que apenas estamos conociendo y claro, todos son codificados por el genoma, que tiene genes específicos para ellos.

Además, hay eventos de duplicación de genes, por ejemplo, la domesticación de muchas plantas selecciona caracteres visibles o deseables, pero el agricultor activa (sin saberlo) mecanismos de duplicación de genes, incluso multiplicación y selección de los propios cromosomas con lo que el genoma "crece" en estas plantas. La multiplicación cromosómica también es un fenómeno natural y más frecuente de lo que pensábamos. Además de ello constantemente y a lo largo de toda la historia evolutiva hay secuencias que se insertan en los ge-

nomas, provenientes de retrovirus y transposones que infectan al organismo y se quedan allí, genes dañados (pseudogenes) que por alguna razón permanecen, secuencias pequeñas (repetidos cortos) que en algún momento se produjeron por errores en la síntesis del ADN y permanecieron haciendo más y más largo el genoma de una especie... El genoma tiene porciones que aún no entendemos, pero que persisten, se heredan, se reparan y mantienen y eso tal vez signifique que juega algún papel en la evolución o no y, efectivamente es ADN residual sin alguna función.

Vamos a decirlo de manera muy clara: en el ser humano, el 98% del ADN no codifica para proteínas, lo cual no lo convierte en "basura". De hecho, cada vez hay más evidencias del involucramiento de muchas de estas regiones "sin sentido" en la regulación de procesos muy complejos como el desarrollo corporal, la evolución del cáncer, y de alguna manera estas regiones sin sentido participan de la complejidad biológica. De cualquier manera, este ADN se encuentra sometido a procesos evolutivos como todo el genoma, aunque pueda presentar peculiaridades.

Sobre todo esto trata el libro que ahora recomiendo en **Saber Más: ADN Basura**, de Nessa Carey (Biblioteca Buridán, 2018. ISBN 9788416288663), un texto indispensable para todo mundo. Cualquiera que desee entender la naturaleza física y química de la vida, el proceso evolutivo y su sustrato, el genoma, debe acercarse a este libro. No es un texto para expertos, está contando con emoción, sorpresa y propone muchas preguntas. Las que van apareciendo a medida que meditamos acerca de la vida y del concepto información genética.

El libro nos va encaminando de manera muy certera a comprender que la complejidad de la vida está relacionada de alguna manera con estas zonas del genoma cuya función desconocemos. Nos motiva a ser abiertos y críticos con aquello que por ahora no comprendemos, pero dado que la biología nos ha enseñado que en la vida, en tanto fenómeno de organización de la materia, no hay nada superfluo, nada que esté demás y aún más cuando energéticamente es muy costoso, al famoso ADN sin sentido "podría" tener algún significado o no. El libro nos va poniendo a disposición las nuevas evidencias que así lo indican.

Cuando se inició el proyecto del genoma humano, secuenciar un gen era una tarea muy compleja, ahora secuenciar un genoma completo puede ser cuestión de horas y las nuevas tecnologías de análisis molecular ponen a disposición de los científicos datos que nos están mostrando cosas sorprendentes...

No le cuento más, lea este libro, será casi casi una novela de aventuras.

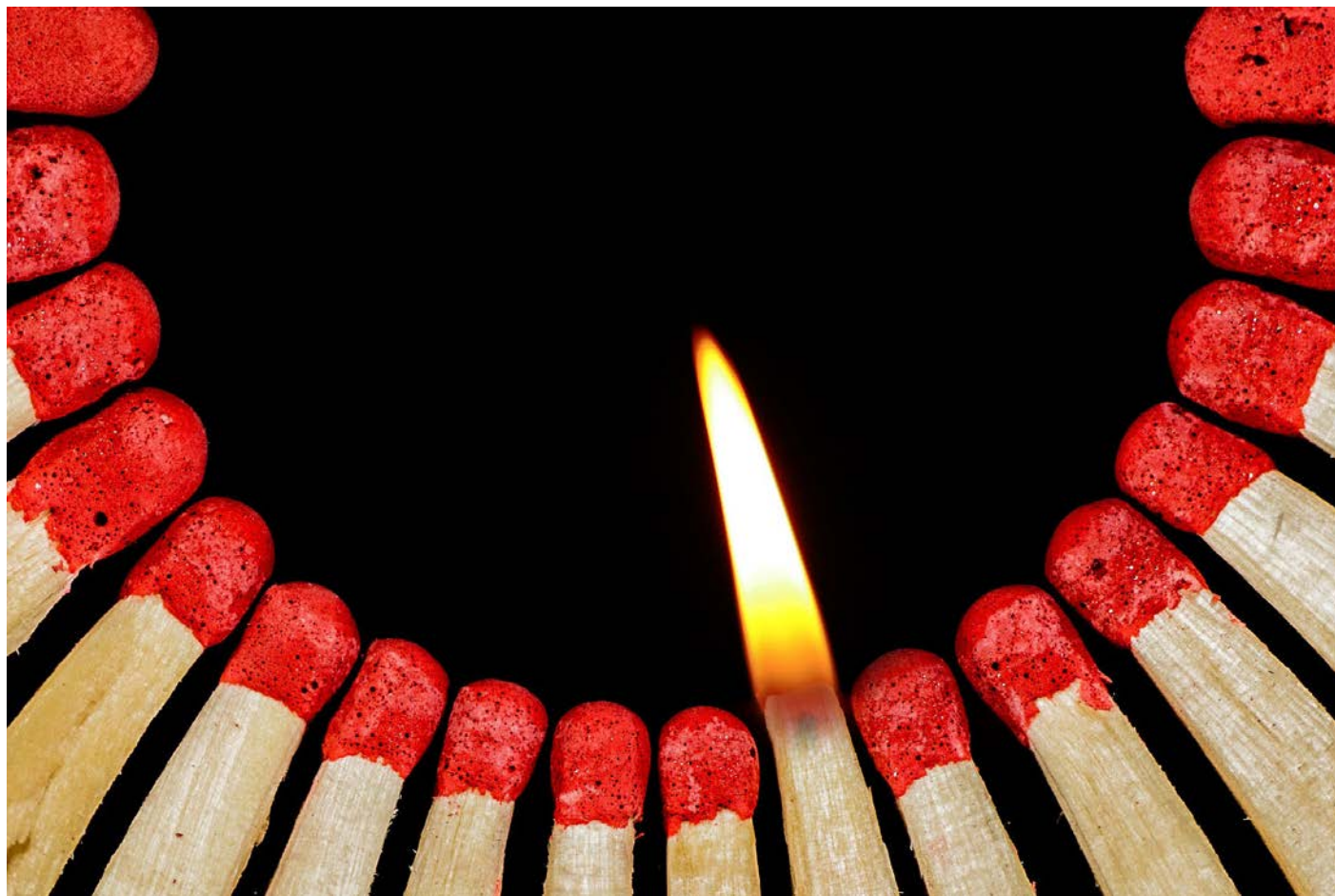




# LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

## El fósforo ¿la chispa de la vida?

Carlos Torres Vega



**E**l fósforo (P) es un elemento químico de lo más abundante en la corteza terrestre. Este elemento, en conjunto con otros como el carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), azufre (S) y el hidrógeno (H), forman parte importante como elementos químicos de la vida.

Si observas la tabla periódica de los elementos químicos que menciono, la mayoría de éstos guardan gran cercanía en la tabla periódica, así como relaciones de proporcionalidad de peso y valencia, que recordemos, valencia es la capacidad de combinación con otro elemento por aceptación o donación de electrones, que al hacerlo los combinan, formando así moléculas. Es por esta razón, que no es casualidad que este grupo de elementos, son los que conforman a las biomoléculas, las más

*Dr. Carlos Torres Vega*, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas, Programa de Maestría en Ciencias de la Salud, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[carlos.torresvega@gmail.com](mailto:carlos.torresvega@gmail.com)

importantes en los organismos vivos, como los glúcidos o carbohidratos, los lípidos, las proteínas, los ácidos nucleicos, y todos sus derivados específicos, es decir los elementos de la vida.

Pero, en este artículo pondremos atención especial al elemento del fósforo, en particular a su valencia.

### Importancia de la valencia del fósforo

La valencia del fósforo da a este elemento una gran versatilidad de combinación con otros elementos en diversas formas, todas ellas importantemente reactivas, especialmente con el oxígeno, elemento que guarda la mayor cercanía proporcional en peso y número atómicos, ambos levemente por arriba de la mitad de los del fósforo. Es por eso que el fósforo y el oxígeno tienen gran afinidad de combinación, formando grupos fosfato que pueden enlazarse con otras moléculas y entre sí, dando lugar a compuestos con estructura y capacidad funcional muy diversa, tales como proporcionar energía, guardar información, plasmar dicha información, controlar sistemas para la operación y control de todas las estructuras y procesos vivientes.

Dejemos de momento un poco los conceptos químicos de este elemento, para retomar interesantes propiedades físicas del mismo:

\*El fósforo tiene la particularidad de emitir luz cuando se encuentra en la obscuridad a lo que llamamos "fosforescencia", como el nombre

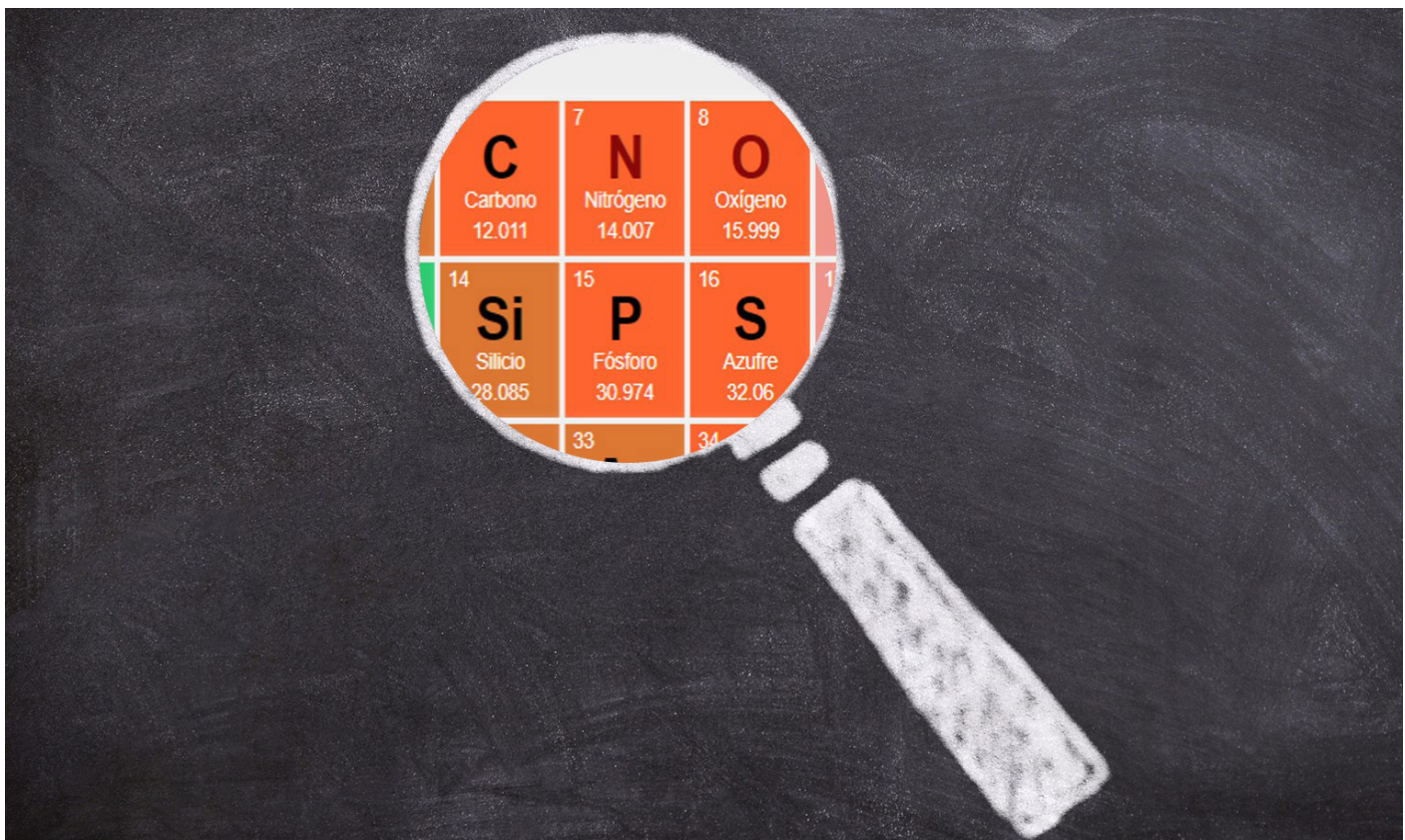
lo dice, parecería que parte de su esencia fuese otorgar una "luz" donde ésta no existe.

\*Combinado con azufre, el fósforo se utiliza para la fabricación de las tan conocidas "cerillas" o "fósforos", que ante una pequeña fricción, inician un proceso de ignición puntual y violento, tan comúnmente utilizado en el mundo actual para prender fuego, en nuestras casas, estufas, fogatas, cigarrillos, etc.

Tal propiedad se asemejaría a la necesidad imperante en la vida cotidiana de contar con chispas que inicien y mantengan los fuegos constantes, aislados, intermitentes y puntuales que la actividad humana y social realiza a diario. ¿Imaginamos un mundo sin fuego para cocinar?, ¿Sin fuego para calentar agua, calderas, tanques químicos de reacción, combustión interna en cilindros de motores de automóviles y turbinas que movilizan social, geopolítica y económicamente nuestro mundo?

### La vital chispa

No hay duda que el secreto para el dinamismo físico de nuestro día a día, está en el control fino y absoluto de esas pequeñísimas, pero vitales chispas de iniciación a los procesos señalados. Ahora bien, si consideramos a la vida como un proceso complejo en su organización, autorregulado y capaz de automantenerse y reproducirse con el fin de tender a su perpetuidad, siempre plasmada su





existencia física en un "organismo" vivo, pequeño y simple, o grande y complejo (organismos unicelulares y multicelulares).

Este proceso, la vida, requiere su dinamismo propio, sus "fuegos" catabólicos (desintegradores) y transformadores para mantener sus procesos "constructivos" o anabólicos de fundición, vaciado y moldeado de estructuras, creadoras de maquinarias sintetizadoras que lo mantengan y lo reproduzcan con tendencia a perpetuarse.

Si escudriñamos un poco en los mecanismos que mantienen dicho dinamismo metabólico, pronto encontramos a las enzimas (proteínas capaces de facilitar y acelerar reacciones químicas) como los facilitadores del dinamismo biológico, ayudadas por coenzimas y otros cofactores. Estos procesos necesitan mecanismos de control muy finos y diversos. Dentro de los más importantes, tenemos a un enorme grupo de enzimas reguladas por otras, que a su vez se activan o inhiben, si se encuentran o no unidas a grupos fosfato (fósforo unido a

oxígeno) como las fosfoquinasas (pegan fosfato) y las fosfatasa (quitan fosfato).

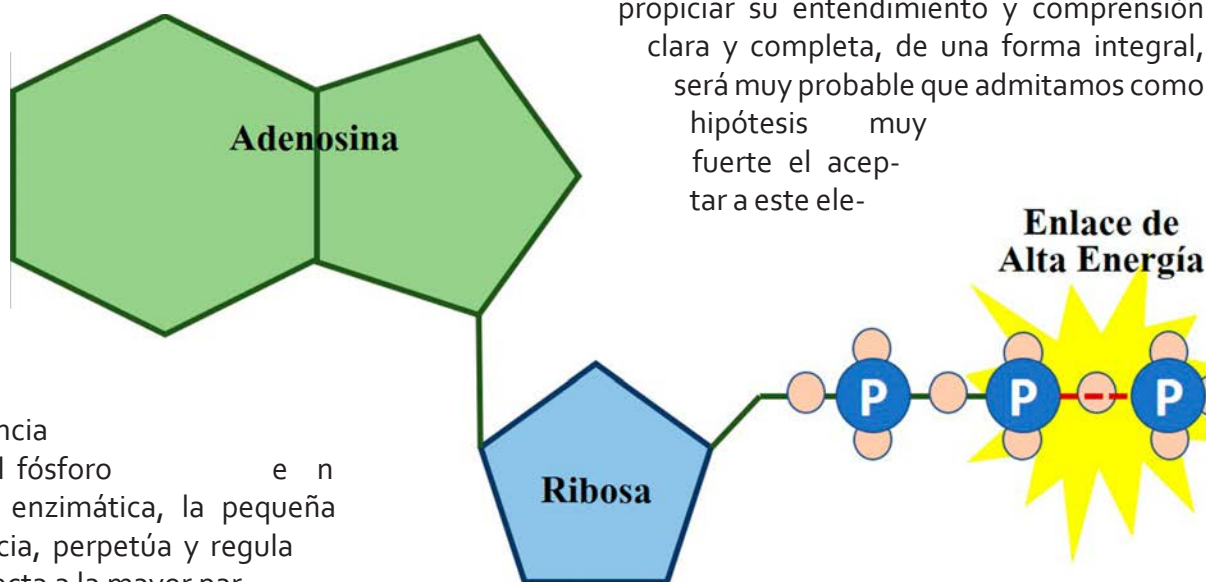
¿Es pues la presencia o ausencia del fósforo en una molécula enzimática, la pequeña chispa que inicia, perpetúa y regula de manera directa a la mayor parte de la maquinaria metabólica?

y ¿posiblemente de forma indirecta al resto de dicha maquinaria?

Así es, el fósforo o "cerillo" si se fricciona, produce la chispa que se requiere para iniciar fuego, útil para lo que antes mencioné; pero, veremos que además, como una analogía, es la chispa para iniciar, hablando a nivel del metabolismo celular, las reacciones vitales para la producción de energía.

El fósforo es parte de la molécula del ATP (adenosín trifosfato), que es el compuesto energético por excelencia, que al desprender un grupo fosfato, cargado de alta energía química, hace posible la producción de reacciones endergónicas, es decir, liberan energía. ¿No es el dinamismo metabólico la más clara expresión de la presencia de eso que concebimos y definimos como vida? ¿Acaso no es el detenimiento brusco de dicho dinamismo metabólico lo que podría definirse como la contraparte de la vida, es decir a la muerte?

Si nos asomamos un poco al vasto y profundo conocimiento de la bioquímica, guiados por gente experta en el campo, con claro compromiso de propiciar su entendimiento y comprensión clara y completa, de una forma integral, será muy probable que admitamos como hipótesis muy fuerte el aceptar a este ele-



**ADENOSÍN TRIFOSFATO (ATP)**

mento, al fósforo, como la chispa de la Vida...



Chavarría-Xicoténcatl P. (2009). La vida y el universo. Revista Letras Libres, marzo:42-45. <https://www.letraslibres.com/mexico/la-vida-y-el-universo>

Nelson D.L. y Cox M.M. (2017). Lehninger Principles

of Biochemistry, Seventh Edition.

Miller J.G. (1973). Living Systems, The quarterly Review of Biology, 48:63-91.

# LA CIENCIA EN EL CINE

## Historias del loop

Horacio Cano Camacho



Original Concept:  
Simon Stålenhag

skyup

Andrea Gatti  
Lorenzo Ferraroni  
2019

**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.  
[hcano1gz1@mac.com](mailto:hcano1gz1@mac.com)

Las series actuales de la televisión bajo demanda son una muy buena alternativa al cine "presencial" en estos meses de confinamiento obligado. Y hay de todo, desde thrillers vertiginosos, comedias, dramas y más. Yo agradezco cuando, de vez en vez, puedo seguir una historia reposada y que me permita reflexionar. La ciencia ficción (CF), la verdadera, me permite hacer eso y más.

La CF es un género, fundamentalmente de la literatura, que ha trascendido a otros formatos



como el cine y la televisión, incluso los videojuegos, que se forma de historias en las que el elemento principal es la especulación imaginativa: la famosa pregunta ¿qué pasaría sí...? La CF es una narrativa eminentemente especulativa que, junto a nuevas alternativas en el mundo de las ideas, incorpora el “sentido de los maravilloso”, la inevitable sorpresa del público ante los nuevos mundos, personajes, sociedades que el género propone.

La palabra ciencia, dentro del género, refleja el interés por analizar los efectos que el conocimiento científico y tecnológico produce o va a producir entre los individuos y organizaciones sociales. La CF es un género literario, no es ciencia, ni lo pretende. Para que nos guste y nos atrape, es importante también aplicar nuestra capacidad de sorpresa y claro, mucha imaginación.

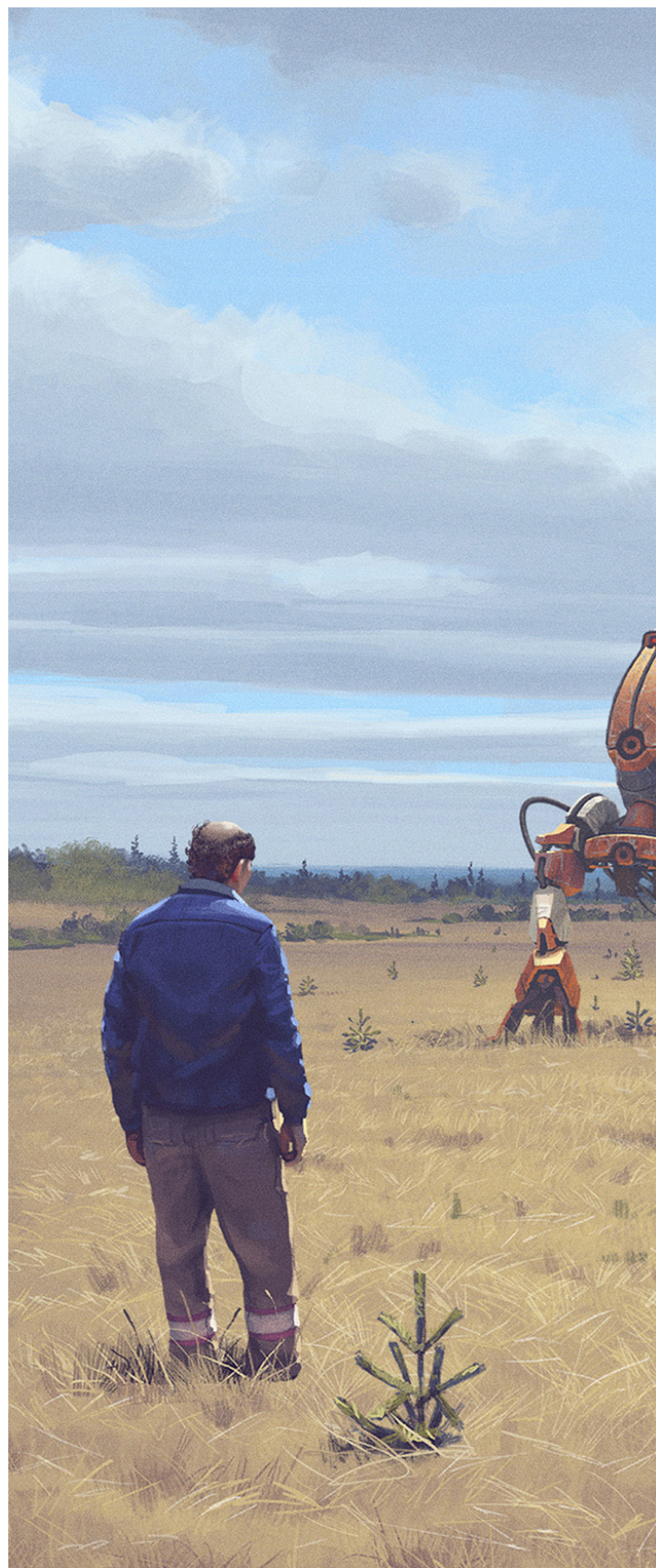
Algunas personas confunden, y ello es culpa de cierta imagen creada por el cine comercial, que la ciencia ficción es un asunto de batallas interestelares, extraterrestres de miedo o viajes por el espacio y acción, mucha acción. Y aunque el cine fantástico pueda abreviar un poco de elementos de la CF, no es la ciencia ficción.

Otras personas, sobre todo en el campo de la ciencia, rechazan al género por considerar que no es ciencia, miente, o no es posible lo que presentan. A este grupo de detractores, yo les recuerdo que el hecho de que la ciencia nos niegue algunas posibilidades no impide que sea factible especular sobre ellas u otras parecidas: los viajes en el tiempo, llegar a galaxias lejanas, el desarrollo de inteligencias artificiales que sustituyan al humano en ciertas tareas... Son precisamente estas maravillas que analiza la ciencia ficción, las que atraen a los aficionados, que nos interesamos fácilmente por su temática y contenidos, encontrando en el género motivos de diversión al tiempo que suscitan, en nosotros, una reflexión original y prometedora.

Este largo preámbulo lo hago para presentar una serie de verdadera ciencia ficción. Sin embargo, he leído en ciertos blogs, que a pesar de que ha gustado mucho, la encuentran demasiado compleja y carente de emociones (acción).

Se trata de *Tales from the loop* (algo así como, historias o cuentos del bucle), la nueva serie de Amazon Prime. Es una serie original y muy arriesgada. Yo la definiría como minimalista. Con guión original de Nathaniel Halpern, cada uno de sus ocho capítulos fue encargado a un director diferente: Jodie Foster, Mark Romanek, So Yong Kim, Andrew Stanton, Ti West, entre otros. El elenco,

también mínimo, lo encabezan Rebecca Hall, Jonathan Pryce, Paul Schneider, Daniel Zolghadri, Duncan Joiner, Nicole Law, Jane Alexander y Tyler Barnhardt.



La historia original (de esto me enteré luego de quedar atrapado en el loop), es una adaptación de la obra del mismo nombre, del artista, músico y diseñador gráfico Simon Stålenhag cuyo trabajo



se basa en un concepto "retrofuturista" basado en imágenes de la Suecia rural. En la serie, este concepto es trasladado a un bucólico pueblo de Mersa, Ohio, en los Estados Unidos.



En este pueblo boscoso, Russ Willard (personificado por Jonathan Pryce) construyó una máquina conocida como el loop, por debajo de todo el pueblo y que domina la apacible comunidad que

vive de y para ella. Este centro de experimentos, de los que nunca sabremos a que se dedican, mas allá de algunas expresiones sobre "hacer posible lo imposible", nos recuerda al gran colisionador de hadrones, la máquina más grande construida por el ser humano en la campiña entre Suiza y Francia. Este aparato, se encuentra en un túnel de 27 kilómetros de circunferencia y a una profundidad de 175 metros bajo tierra. Imagino que este laboratorio europeo de física de partículas es omnipresente en los pueblos de los alrededores, aunque su propósito para nada es vago.

El centro de la historia es una familia de tres generaciones: el abuelo Russ, líder del proyecto, el matrimonio de Loretta, científica del Loop (Rebecca Hall) y George, ingeniero del laboratorio (Paul Schneider), el hijo adolescente Jakob (Daniel Zolghadri) y el pequeño Cole (Duncan Joiner), sin embargo, *Tales From the Loop* es una serie en la que cada episodio es autoconclusivo y está concebido en función de un personaje distinto y de un elemento de ficción en particular (saltos temporales, intercambio de personalidades, posibilidad de detener el tiempo, entre otros), al final resulta que hay un hilo conductor de cada historia y que termina uniéndolas a todas.

El estilo minimalista puede desconcertar a muchos, sobre todo cuando estamos acostumbrados a despliegues escenográficos saturados de aparatos, naves, ciudades, trajes futuristas y toda esa parafernalia. Por el contrario, esta serie se sustenta en un poderío visual "retrofuturista" que podría situarse, por ciertos objetos y estética, en los años 60's, 70's y 80's del siglo pasado, con una combinación de ropas, autos y aparatos muy de esas décadas. Las computadoras, por ejemplo, corresponden claramente a las primeras "PC" con sus monitores verde óptico de fines de los años 80.

En el paisaje conviven lo mismo un robot que una máquina levitando y un cultivo de maíz, tradicional de la zona de Ohio o una colección de los conos (piñas) de los pinos de los alrededores. Incluso, las máquinas son retro y corresponden a ciertas imágenes populares de esos años, que en conjunto resultan en escenarios muy hermosos, llenos de melancolía.

El primer capítulo y puesta en escena del estilo nos habla de una trabajadora de El Loop que desaparece misteriosamente. Su hija, apenas una niña (Abby Ryder Fortson) emprende su búsqueda y en el camino se cruzará con el nieto de Russ, pero en una extraña otra época...



Definitivamente, en el pueblo de Mersa, Ohio, suceden cosas extrañas, pero como si nada fuera extraordinario y aquí cobra sentido la frase de Russ de "hacer posible lo imposible". La serie no se molesta en buscarle explicaciones, pero todo parece estar conectado con la máquina y ser parte de la cotidianidad.

Phillip K. Dick, uno de los más importantes escritores de CF de la segunda mitad del siglo pasado, decía que el género mezcla y deforma nuestro mundo hasta hacerlo irreconocible, pero que en realidad propone una reflexión sobre el presente y la realidad de cada uno de nosotros. En los cuentos del bucle, en realidad vemos los sueños, las aspiraciones, los temores de cada uno de los ha-

bitantes de este pueblo, reflejadas en los sucesos "extraños". Como si de alguna manera la máquina interpretara estos pensamientos ocultos y operara para que fueran posibles en algún modo. De aquí se desprende el ambiente melancólico y onírico de la serie, en la que fotografía, tono y el ritmo pausado de las actuaciones apuntalan, en ocho relatos, la transformación de la existencia de quienes habitan sobre el loop.

La hermosa música de Philip Glass crea un ambiente de introspección que nos atraparán dentro del Loop. Definitivamente, es una serie hipnótica, lejos de aventuras y muy cercana a la poesía. Atrévase con ella, en estos extraños días, seguro los hará reflexionar sobre nuestro mundo, nuestros deseos y ...el futuro.



# EXPERIMENTA

## Plantando sin semillas: Brotación

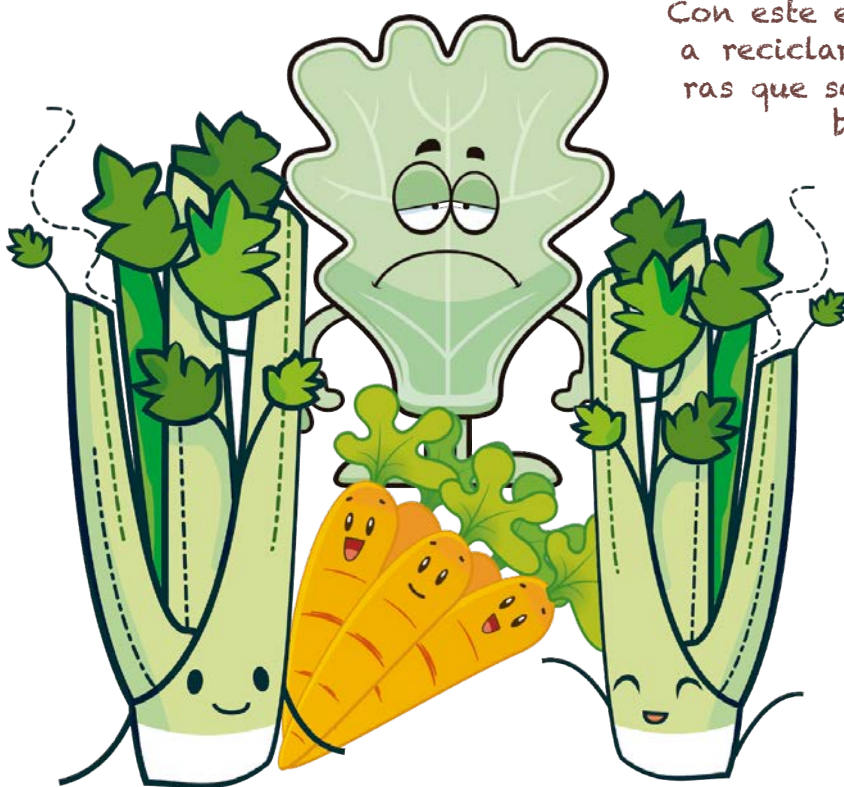
Rafael Salgado Garciglia\*

**NECESITAS:** 1 vegetal (zanahoria, lechuga y apio), 1 cuchillo, 1 recipiente con agua y 1 maceta con suelo preparado

Generalmente al preparar estos alimentos, la parte superior de la zanahoria y la base tanto de la lechuga como el apio, los consideramos desechos, pero ahora los usaremos para propagar plantas. Para tener éxito en la siembra de estos restos vegetales, hay que realizar un corte exacto de cada uno de ellos. Si es una zanahoria, aseguremos tener segmentos de 1-2 cm y colocarlos sobre un recipiente con agua que cubra la mitad de ellos; para la lechuga y el apio, sembraremos la base, con un tamaño aprox. de 5 cm y de igual manera, ponerlos en agua que solo cubra un 1 cm de la base (no permitir que el agua se seque). Dejaremos que se desarrollen brotes de zanahoria, el primer paso para la formación de una planta nueva, que cuando tengan un buen desarrollo (más de 4 cm), podemos sembrarlos en una maceta, colocarla en un lugar con mucha luz. Los brotes de lechuga y apio podemos dejarlos en agua hasta que desarrollen nuevas hojas o tallos, respectivamente. Puedes también intentarlo con betabel y cebolla.

### ¿Por qué se producen nuevos brotes?

Los brotes en la parte superior de la zanahoria se forman a partir de un grupo de células meristemáticas (meristemos), que tienen la función de dividirse, diferenciarse y para formar los brotes, debido al proceso denominado morfogénesis, en el que intervienen los reguladores de crecimiento vegetal también llamados "fitohormonas" como las auxinas y las citocininas. Los meristemos de la lechuga y el apio permanecen en desarrollo desde la base, de tal manera que continúan produciendo nuevas hojas o tallos. Para formar una planta, otro grupo de células meristemáticas en la base de los tallos, se encargarán de formar las raíces, proceso en el que intervienen, principalmente las auxinas.



Con este experimento, no solo aprenderás a reciclar los restos de algunas verduras que son considerados desechos, también puedes entender el proceso de la propagación asexual de las plantas y que no siempre necesitamos semillas para tener plantas en casa, de una hoja (violetas y begonias), de un tallo o una rama (frutales, aromáticas y rosales), de un tubérculo (papas) e incluso de los restos de algunos vegetales como los de las zanahorias, lechugas y apio, podemos conseguir que se desarrollen plantas, al lograrlo estamos propagando asexualmente (propagación vegetativa).

\*Profesor e Investigador del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



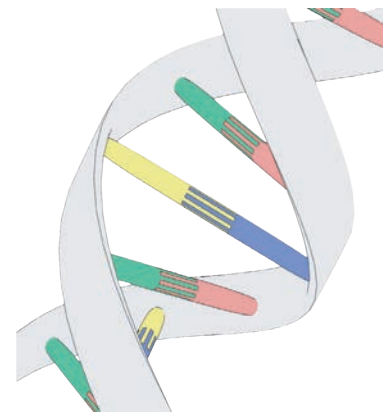
# INFOGRAFÍA

## ADN en cifras

Horacio Cano Camacho

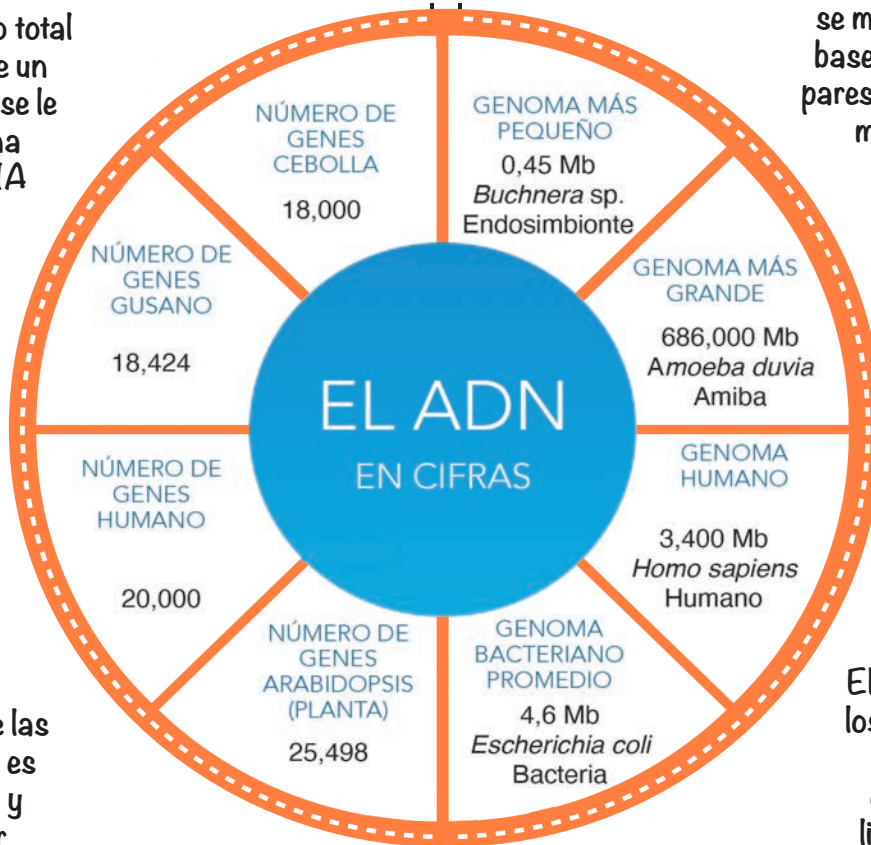


El Ácido Desoxirribonucleico (ADN) es la macromolécula portadora de la información genética; Está formado por dos cadenas de nucleótidos cuyo orden de acomodación determina la información. El número de nucleótidos que lo forman varía en cada especie



Al contenido total de ADN de un organismo se le denomina GENOMA

El tamaño del genoma se mide en pares de bases (Pb), miles de pares de bases (Kb) o millones (Mb)



El ADN de las bacterias es pequeño y circular

El ADN del resto de los organismos está segmentado en cromosomas, es lineal y su tamaño es variable

