elementos

Incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACyT

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA • No. 123 • Volumen 28 • julio - septiembre 2021 • $40.00

00123
7 52435 06402 6
EXHIBIR HASTA EL 30-SEPTIEMBRE-2021

La estructura de las revoluciones neurocientíficas | Marco Josepho Salgado y Luis Joseph Ignacio Montaña... | Identificación de emociones y sentimientos en textos históricos | Sistemas Tutores Inteligentes... | Una gallina ciega... | Biodiversidad y manejo forestal en la Sierra Norte de Puebla | Enfermedad periodontal y sistema inmune | ¿De quién hablamos cuando hablamos de los políticos?... | Las hormigas zombis... | Sierra Cucapá: biodiversidad y espacio sagrado | ¿Las lombrices de tierra tienen potencial biotecnológico? | Evaluación biológica de los nanomateriales | La fotografía botánica de Aída Ortega | Las pinturas y las comunidades precolombinas del Cerro Colorado en Córdoba Argentina | Surfeando el colapso del Clásico en el México Central

BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
rector, José Alfonso Esparza Ortiz
secretaria general, Guadalupe Grajales Porras
vicerrector de investigación y estudios de posgrado, Ygnacio Martínez Laguna

ELEMENTOS
www.elementos.buap.mx
revista trimestral de ciencia y cultura
número 123, volumen 28, julio-septiembre de 2021
director, Enrique Soto Eguibar
subdirector, José Emilio Salceda
diseño y producción gráfica, Mirna Guevara
corrección de estilo, Emilio Salceda y Leopoldo Noyola
sitio web y laboratorio multimedia, Leopoldo Noyola
redes sociales, Mirna Guevara
administración y logística, Lorena Rivera e Ileana Gómez
redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria
Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570
email: esoto24@gmail.com

consejo editorial, Itziar Aretxaga (INAOE), Beatriz Eugenia Baca (ICUAP, BUAP), María Emilia Beyer Ruiz (DGDC, UNAM), María de la Paz Elizalde, (ICUAP, BUAP), Ana Lidya Flores Marín (IBERO Puebla), Marcelo Gauchat (FUNDACIÓN FORMA, A. C.), Sergio Segundo González Muñoz (COLPOS Montecillo), Federico Méndez Lavielle (Facultad de Ingeniería, UNAM), Jesús Mendoza Álvarez (CONACYT), Ricardo Moreno Botello (Ediciones de Educación y Cultura), Francisco Pellicer Graham (Instituto Nacional de Psiquiatría), Adriana Pliego Carrillo (Facultad de Medicina, UAEM), Leticia Quintero Cortés (ICUAP, BUAP), José Emilio Salceda (Instituto de Fisiología, BUAP), Gerardo Torres del Castillo (Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, BUAP), Catalina Valdés Baizabal (Laboratorio de Neurobiología Celular, Universidad de La Laguna), Enrique Vergara (ICUAP, BUAP)

obra gráfica, © Aída Ortega
1ª forros, © *El principio*, 2016
2ª forros, © *Pasatiempo*, 2016
3ª forros, © *Estrellas sin mar*, 2018
4ª forros, © *La llegada*, 2018

CINTILLO LEGAL
ELEMENTOS, Año 36, No. 123. Julio a septiembre de 2021, es una publicación trimestral editada por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con domicilio en 4 Sur número 104, Col. Centro, C. P. 72000, Puebla, Pue., y distribuida a través de Revista Elementos, con domicilio en Av. 14 Sur No. 6301, Col. San Manuel, Puebla, Pue. C. P. 72570. Tel. 222 229 55 00 ext. 7316. Editor responsable Dr. Enrique Soto Eguibar, esoto24@gmail.com. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2018-101113435900-102. ISSN 0187-9073, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Cultura. Número de Certificado de Licitud de Título y Contenido (en trámite) en la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en FD Servicios Integrales S.A. de C.V. contacto@fdimpres.com. Cerrada de la 5 Oriente, No. 2, Col. Guadalupe Tlatelpa, San Francisco Totimehuacán, Puebla, C. P. 72960, Tel 2222 8123 33. Este número se terminó de imprimir en junio de 2021 con un tiraje de 1000 ejemplares. Costo del ejemplar $40.00. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

CONACYT ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

S U M A R I O

La estructura de las revoluciones neurocientíficas 3
Alan Edrei **Flores-Gaona**, Gerardo **Rojas-Piloni**

Marco Josepho Salgado y Luis Joseph Ignacio Montaña, dos precursores de la medicina moderna en la Nueva España 11
Reyna Beatriz **Vázquez González**, Luis Adrián **Rodríguez Cortés**

Identificación de emociones y sentimientos en textos históricos 21
Stephanie **Vázquez-González**, María **Somodevilla-García**

La fotografía botánica de Aída Ortega 27
Irene **Sepúlveda**

Sistemas Tutores Inteligentes: ¿apoyo para lectura de comprensión? 29
Adelina **Escobar-Acevedo**, Josefina **Guerrero-García**

La hipertensión pulmonar: una complicación de la diabetes mellitus 35
Miguel **García-González**, Verónica **Vallejo-Ruíz**, Gustavo **López-López**

Una gallina ciega, pero voraz 41
Samuel **Cruz-Esteban**, Edith **Garay-Serrano**, Julio **C. Rojas**

Biodiversidad y manejo forestal en la Sierra Norte de Puebla 45
Juan Antonio **Barrón Sevilla**

Enfermedad periodontal y sistema inmune 51
Julieta Saraí **Becerra Ruiz**, Juan Manuel **Guzmán Flores**

¿De quién hablamos cuando hablamos de los políticos? 55
El género gramatical visto desde la psicolingüística
Alejandro **Anaya Ramírez**

Las hormigas zombis. Un ejemplo del impacto del parásito sobre la conducta de su hospedero 61
Héctor **Godínez Álvarez**

Sierra Cucapá: biodiversidad y espacio sagrado 65
Julio C. **Hernández-Hernández**

¿Las lombrices de tierra tienen potencial biotecnológico? 71
Diana **Ortíz-Gamino**, Josefat **Gregorio**, Isabelle **Barois**

Evaluación biológica de los nanomateriales. 79
Una visión hacia su regulación
Erick **Gómez Martínez**, Gabriela **Navarro-Tovar**, Carmen **González**

Biogás: el paso de los residuos agroindustriales a energía 85
Janeth **Danel-Casesus**, Dulce **Ambriz-Pérez**, David **Santos-Ballardo**

Libros 91

Las pinturas y las comunidades precolombinas del Cerro Colorado en Córdoba Argentina
Oscar **del Barco**
https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000006152.pdf

Surfeando el colapso del Clásico en el México Central: la persistencia de Cholula durante la transición del Clásico al Postclásico (600-1200 d. C.)
Geoffrey **McCafferty**, Traducción: A. **Ashwell**
https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000006156.pdf

© Aída Ortega. *Sueños*, 2018.

www.elementos.buap.mx

La estructura de las revoluciones neurocientíficas

Alan Edrei **Flores-Gaona**
Gerardo **Rojas-Piloni**

El desarrollo de la neurociencia ha supuesto un largo viaje epistémico que inicia desde el nacimiento mismo de la conciencia.

El estudio del órgano más complejo conocido se ha visto sujeto a una constante revolución y reestructuración de la forma en la que se ha pensado en él, llevándonos desde la metafísica hasta la ciencia formal. A lo largo del presente trabajo analizamos este desarrollo desde la óptica de *La estructura de las revoluciones científicas*, propuesta por Thomas S. Kuhn. *Grosso modo*, esta teoría epistémica postula que toda ciencia cruza por tres periodos:

1) La preciencia, que inicia como una etapa descriptiva en la que existe desacuerdo sobre los aspectos esenciales del objeto de estudio, con tantas variantes como científicos la aborden. Las discrepancias van alcanzando acuerdos hasta formar paradigmas, consensos sobre la naturaleza de un objeto de estudio,[1] alcanzando el segundo estado.

2) La ciencia normal, que se dedica a refinar el paradigma y a explicar todo cuanto pueda a través de él. Sin embargo, todo paradigma tiene siempre sus limitaciones, lo que produce una continua acumulación de enigmas, misterios que le es imposible resolver, hasta el punto en el que se genera una revolución.

3) La revolución es el tercer estado de la ciencia, que llevará a la creación de un nuevo paradigma, que supere las limitaciones del previo y resuelva sus enigmas, produciendo así un nuevo estado de ciencia normal.

La elección de este modelo epistémico se sustenta tanto en su impacto, aún vigente, como en su metodología. Thomas Kuhn siguió y culminó la corriente del historicismo, la cual previamente había sido utilizada por Auguste Comte, Carl Prantl y Paul Feyerabend, entre otros. Se trata de un método para abordar la filosofía a través del análisis histórico; brindando valiosas herramientas para nuestro propósito: analizar el desarrollo histórico de la neurociencia.

LA PRIMERA Y ÚLTIMA PREGUNTA

El desarrollo científico es el comportamiento más distintivo que poseemos como especie, nuestro mecanismo último de adaptación que ha superado ya su naturaleza como simple medio de supervivencia. ¿Cómo surge la ciencia? La supervivencia animal depende de la relación entre el individuo, los cambios físicos y sus relaciones biológicas con el mundo, de forma que sería intuitivo pensar que la física y la biología habrían de ser las primeras rutas precientíficas en desarrollarse para nuestra especie. No obstante, estas primeras interrelaciones causales no surgen de ninguna capacidad reflexiva. No requieren una abstracción lógica que las lleve más allá de la reacción, el hábito y el instinto. No se distinguen del resto de conocimientos animales y no pueden ser ni articulados ni compartidos bajo consenso, de forma que no llevan al desarrollo de una preciencia. Para llegar a estos elementos mínimos en la génesis científica, se requiere un medio para compartir no una reacción ante el mundo, sino una interpretación del mismo: se requiere un marco de referencia, razón y lenguaje; se requiere de la conciencia. La prueba de que se ha alcanzado este punto, es la capacidad de cuestionarse sobre los propios deseos internos, los sentimientos y los pensamientos: sobre la naturaleza del sistema nervioso.

A partir de este punto, el paso de los siglos dejó tras de sí acumulación, confrontación y cohesión del conocimiento racional.

Hasta inicios del siglo pasado la mayoría de las observaciones y reflexiones humanas se habían incorporado ya a un campo de estudio sólido, la ciencia normal se volvió el estado del conocimiento general del hombre moderno occidental. Todo mientras la neurociencia recién comenzaba a esbozar la creación de sus paradigmas, como se revisará a continuación. La naturaleza del sistema nervioso se volvió entonces nuestra primera y última pregunta.

DE LA METAFÍSICA A LA ELECTRICIDAD. EL CAMINO DE LA NEUROFISIOLOGÍA HACIA LA CIENCIA NORMAL

El camino de la neurociencia comienza con una densa neblina perceptual. Al inicio de la preciencia, la gran diversidad de procesos que regula el sistema nervioso produjo una percepción difusa del mismo; no se comprendía cómo es que el pensamiento, las emociones, la memoria, el movimiento y los sentidos podían ser resultado de un mismo ente, de forma que se distribuyeron sus funciones entre otros órganos, principalmente el corazón. La teoría cardiocéntrica se remonta hasta Aristóteles en el siglo IV a.C. y proponía que era el corazón el responsable de regular las emociones, la memoria y el pensamiento complejo, englobando a estas nociones contemporáneas bajo el concepto de alma. Pese a lo popular que sigue siendo la relación del corazón con estas nociones, fue en la misma Grecia,[2] de la mano de Alcmeón y Anaxágoras en el siglo III a.C., donde comenzaría la mirada al cerebro como centro de la cognición y la sensación. Esta idea fue aceptada por Hipócrates, padre de la medicina, pero bajo su teoría humoral, que describía el comportamiento y vitalidad según el equilibrio entre cuatro líquidos esenciales. La vitalidad líquida perduraría entonces hasta el Renacimiento, llegando a proponerse que los ventrículos cerebrales eran el asiento del alma.[3]

Es innegable el aporte a las neurociencias por parte de la medicina, sin embargo, mientras esta se consolidaba, el estudio del sistema nervioso se limitó a simples correlaciones causa-efecto. Esto comenzó a cambiar en el siglo XV (¡más de mil años después!), gracias a las contribuciones de Thomas Willis (1621-1675). Padre de la anatomía comparada, Willis inició la descripción neuroanatómica y esbozó los primeros pasos a una correlación funcional, sembrando las bases para iniciar una crisis que uniría finalmente las funciones del sistema nervioso.

Este primer gran periodo de crisis trajo consigo fuertes discusiones sobre la naturaleza de la relación cerebro-mente. El pensamiento, la memoria, las emociones, la conciencia... se podía localizar a todas estas funciones, hasta el momento metafísicas, dentro de un órgano físico, pero no tan fácilmente se podía sacar la metafísica de ellas. ¿Era el cerebro un simple intermediario entre la materia y algo más? Se presentaron dos posturas: el materialismo y el dualismo. El dualismo veía al cerebro como un vehículo independiente a esa entidad metafísica responsable de nuestra capacidad cognoscente. Por otra parte, el materialismo postulaba que todo proceso mental, por complejo e inexplicable que fuera, se encontraba generado y limitado a la neurofisiología; la mente como producto de la materia.

El materialismo constituye el primer paradigma sobre el que comenzará a edificarse la neurofisiología. Sin embargo, existió una gran dificultad para renunciar a la metafísica en esta ciencia. Siempre ha resultado fascinante la organización funcional de los seres vivos, la cual no se limita a una interacción de fuerzas, sino que se sirve de ellas en contra del desorden natural del universo, dando la impresión de tener un propósito en sí misma. Jacques Monod se sirvió del término teleonomía para referirse a este aparente propósito fisiológico, señalando que de entre todos los sistemas, no existe ninguno más intensamente teleonómico que el sistema nervioso. Un sistema que organiza sistemas, llevando intrínsecamente la cualidad de propósito. ¿Cómo pensar en él bajo el cómo y no el por qué?

Discrepancias fisiológicas como la de Pierre Flourens contra la frenología de Gall,[4] continuaron en el siglo XIX aun después de establecida la función cognoscitiva del cerebro, pues no existía la tecnología ni el conocimiento para explicarla. El hecho de que a la neurociencia le fuese tan complicado alcanzar un periodo de ciencia normal se debe en gran parte a que previamente requería la maduración de otras ciencias, de forma que pudiera obtener los paradigmas clave que la sustentaran; siendo los más importantes la teoría celular por parte de la biología, y el estudio de la electricidad por parte de la física.

El primer caso, el de la teoría celular, se vería enmarcado por dos grandes ironías:

1) En la segunda mitad del siglo XIX la microscopía permitió a Jakob Schleiden y Theodor Schwann proponer la teoría celular, que habría de generar un paradigma ineludible: todo proceso fisiológico tiene como unidad funcional a la célula. Irónicamente, esto aplicaba para todo órgano de todo ser vivo, a excepción del sistema nervioso. Las técnicas de la época no permitían distinguir a una neurona de entre todas las células vecinas, lo que llevó a Joseph von Gerlach, en 1871, a proponer que este órgano estaba compuesto por una malla continua sin individualidad celular. Esta sería la teoría reticular, popularizada y defendida por el médico italiano Camilo Golgi.

2) Para demostrar su validez, Golgi desarrollaría un método de tinción selectiva a células y fibras nerviosas, método que hasta la actualidad lleva su nombre. Sin embargo, esta misma técnica fue perfeccionada años más tarde por Santiago Ramón y Cajal, quien aumentó su selectividad y permitió ver por primera vez a una neurona independiente, terminando así con la controvertida teoría reticular. Ramón y Cajal recibió, junto con Golgi, el Premio Nobel de medicina en 1906.

Se había determinado la estructura fundamental del sistema nervioso, ahora quedaba por delante el gran reto de entender cómo estas pequeñas unidades se conectaban y comunicaban entre sí.

© Aída Ortega. *Apenas te veo*, 2018.

A mediados del siglo XIX se descubrió que era posible generar contracciones si un músculo era expuesto a una corriente eléctrica, a partir de lo cual surgieron dos posturas que convergieron en una controvertida lucha que confrontó a Luigi Galvani y Alessandro Volta. Volta propuso que esas corrientes provenían de los instrumentos metálicos utilizados para su medición, mientras que Galvani postuló la existencia de una electricidad animal, una corriente generada por los propios nervios.

Esta controversia abrió las puertas tanto al desarrollo del electromagnetismo en la física, como a la creación de una escuela electrofisiológica para el estudio del sistema nervioso. Siguiendo esta escuela, Giovanni Aldini en Italia, y Herman von Helmholtz en Alemania, describirían ya en términos eléctricos el sistema de transmisión nerviosa, logrando incluso, este último, medir la velocidad del impulso nervioso: 27 metros por segundo.[5] Helmholtz, a su vez, fue sucedido por su discípulo, Julius Bernstein, quien finalmente propone para inicios del siglo XX que las membranas neuronales poseían poros que permitirían el intercambio de iones y generarían una carga eléctrica dinámica,[6] un potencial de acción.

Así, al viaje hasta los fundamentos neurofisiológicos contemporáneos solo le quedaba vestirse de matemáticas, y lo haría a mediados del siglo XX de la mano de Alan Hodgkin y Andrew Huxley, quienes desarrollaron una ecuación que predeciría la forma en la que los potenciales de acción se ven determinados por las concentraciones iónicas y la permeabilidad de la membrana celular. A partir de este punto, el reflejo más simple y el pensamiento más complejo tendrían una misma naturaleza, la mente humana se convertiría en un flujo ininterrumpido de iones cuya danza, extendida por billones de interconexiones sinápticas, daría forma a los sueños, las dudas, los deseos, los movimientos, los miedos y la homeostasis de la humanidad. Las herramientas para el estudio del sistema nervioso pasaron, entonces, de la metafísica a electricidad.

ACERCA DEL ESTADO CONTEMPORÁNEO DE LA NEUROCIENCIA

Junto a la teoría neuronal, la llegada de los paradigmas electrofisiológicos ha llevado sin duda a un importante consenso sobre el funcionamiento del sistema nervioso; sin embargo, para determinar si la neurociencia se encuentra finalmente en un estado de ciencia normal, habrá que evaluarla según los tres tipos de investigación que para Thomas Kuhn la definen:

1) En primer lugar, está la extensión y perfeccionamiento de los grandes descubrimientos de una ciencia. La neurociencia contemporánea cumple esta actividad. Muestra de ello es la demostración cada vez más fina del comportamiento eléctrico neuronal, desarrollándose por ejemplo las ecuaciones de Nernst y de Goldman, ampliándose a fenómenos derivados como el papel de la mielina, la participación de diversos neurotransmisores a nivel sináptico y de multitud de canales iónicos específicos, etcétera.

2) En segundo lugar, la ciencia normal se ocupa de las determinaciones fácticas, de la búsqueda por llevar a la experimentación aquellas cosas que el paradigma predice posibles. Esta es generalmente la empresa más difícil, pues las predicciones suelen avanzar a mayor velocidad que la observación y la tecnología. No obstante, esto no resulta del todo claro para el caso de las neurociencias, y sobre esto se profundizará más adelante.

3) Finalmente, la tercera actividad de la ciencia normal es articular y condensar sus paradigmas, generando constantes físicas, leyes y ecuaciones. Aquí nuevamente la neurociencia posee dificultades, dado que, pese al gran desarrollo de sus líneas más básicas y aplicadas, se percibe lejana la posibilidad de articular en forma de leyes y constantes ambos extremos de la neurociencia. Claramente existe una fuerte limitación tecnológica y teórica que permita conectar las contribuciones bioquímicas y biofísicas con el comportamiento del sistema nervioso a gran escala.

Pese sus grandes avances, las limitaciones en las actividades del segundo y tercer tipo hacen dudar que la neurociencia se encuentre en un periodo de ciencia normal; de forma que podría estar inmersa en un estado de revolución. En la estructura de las revoluciones científicas, Kuhn postula que las revoluciones generalmente no se perciben como tales, sino que más bien son interpretadas precisamente como adiciones al conocimiento científico. En este sentido, las revoluciones resultan ser casi invisibles. Así que, ¿cómo determinar si la neurociencia se encuentra inmersa en una?

© Aída Ortega. *Encantadora*, 2018.

SOBRE LA NEUROCIENCIA FUTURA Y EL DESARROLLO DE SUS PARADIGMAS

La ciencia normal goza de estabilidad. Sus practicantes encuentran confianza en los paradigmas y es sencillo para alguien interesado unirse a su práctica. Esto ocurre porque los paradigmas son articulados, reunidos y descritos en obras específicas: los libros de texto, los elementos más distintivos de una ciencia normal, que fungen como sus unidades paradigmáticas. Los descubrimientos no se suceden unos a otros en un orden específico con la intención de llegar a los paradigmas actuales, sino que las ideas van surgiendo de forma gradual, muchas veces incluso en confrontación. Sin embargo, si con el paso del tiempo estos descubrimientos resultan útiles para describir los consensos actuales, los libros de texto las toman y contextualizan, las articulan dentro del resto de los conocimientos para dar forma a una sola interpretación, dando la impresión de que las cosas han sido siempre así. Los libros de texto, de esta forma, ocultan las revoluciones científicas, pues cada vez que se producen cambios en los paradigmas, cada que finaliza una revolución científica, estos se reescriben total o parcialmente; y una vez reescritos, enmascaran inevitablemente no solo la función, sino la existencia misma de las revoluciones que los han producido.

En esto la neurociencia exhibe nuevamente una excepción aparente. Aunque existen efectivamente estas unidades paradigmáticas (véase por ejemplo *Principios de Neurociencia* de Erick Kandel), la fuerte interdisciplinariedad de esta ciencia genera un importante desarrollo tecnológico que produce una actualización constante de sus paradigmas y genera posibilidades que exceden la capacidad de actualización de los libros de texto.

Si bien los paradigmas actuales no están siendo juzgados ni derrumbados, como el campo semántico de revolución podría hacer esperar, es cierto que existe la posibilidad de que esta esté ocurriendo. No se ponen en duda los fundamentos neurofisiológicos, pero estos parecieran ser apenas uno de los muchos pilares necesarios para finalmente

estructurar a la neurociencia en su etapa normal. La revolución muestra el carácter imperfecto y susceptible de avance en una ciencia. Muestra, más que en cualquier otro periodo, oportunidades de generar nuevas propuestas, nuevos descubrimientos y paradigmas. La neurociencia contemporánea fluye rápidamente a través de estas oportunidades, las cuales parecen concentrarse ya no en los elementos del sistema en sí, sino en sus propiedades emergentes. Para la neurociencia es necesario aún generar un puente entre la biología molecular y el conectoma, llevar los pequeños elementos que componen el sistema nervioso y articularlos para entender cómo funcionan en conjunto.

El estudio de los circuitos neuronales parece comenzar a trazar este camino; sin embargo, las herramientas actuales de su descripción, basada en su semejanza con un circuito eléctrico y bajo un enfoque computacional (neuronas como unidades lógicas dentro de sus circuitos), poseen una enorme diversidad de elementos faltantes, destacándose la escasa contemplación a la modulación glial,[7] que ofrece un importante dinamismo al comportamiento del sistema.

El paradigma actual aspira encontrar el conectoma como la máxima descripción funcional del sistema nervioso. Sin embargo, toda esta complejidad carecería de valor predictivo, si no se consideran las modulaciones dinámicas y no dependientes de comunicación eléctrica generadas por la glía. Durante el último siglo, la neurociencia ha privilegiado el estudio de la neurona sobre el resto de los componentes del sistema nervioso, algo que se pone de manifiesto en su propio nombre: neurociencia. El paradigma de la interpretación y las unidades semánticas que rigen el estudio del sistema nervioso se encuentran en anacronía con el desarrollo actual de su investigación, de forma que sería posible plantear que exista, efectivamente, una crisis en las neurociencias, y que estas continúen aún su largo viaje, desde el origen de la conciencia hasta el día de hoy, buscando encontrar su periodo de ciencia normal.

© Aída Ortega. *De fiesta*, 2016.

Una de las ultimas reflexiones planteadas en *La estructura de las revoluciones científicas* es: ¿cómo habría de ser la naturaleza, incluido el ser humano, para que fuese posible la ciencia? Kuhn propone que deben existir condiciones y capacidades mínimas de adquisición de información y aprendizaje, que dieran origen a la conciencia en un proceso que escapa al conocimiento actual del ser humano, por lo que resulta imposible resolver el planteamiento en la actualidad. No obstante, no se puede negar que la respuesta a la primera y última pregunta de la humanidad, la naturaleza de nuestra capacidad cognoscente, que se extiende a la conciencia, la motricidad, la percepción, las emociones, la cultura y la ciencia; se encuentra oculta en los procesos lógicos y adaptativos, de recompensa y motivacionales intrincados en la mecánica caótica del cerebro humano. Kuhn menciona que no estamos en posición de responder a esta pregunta, sin embargo, la neurociencia, alcanzando su estado de normalidad, algún día habrá de llevarnos a ese momento.

NOTAS

[1] Uno de los paradigmas más famosos en la física es el de la luz. En ciertos momentos se la concibió como un conjunto de partículas, en otros, como una onda. Cada uno de estos puntos de vista permitía explicar ciertos fenómenos, cambiaba la forma en la que se interpretaban los hechos observados en el mundo. Lo mismo sucede para todas las cosas que conocemos: no podemos experimentar y demostrar todo, así que partimos de supuestos, asumimos y normalizamos la naturaleza de los fenómenos observados y a partir de estos supuestos (paradigmas), construimos nuestra realidad.

[2] Es muy probable que las nociones griegas provinieran o se vieran influenciadas por su contacto con Egipto, donde desde el año 2700 a. C. se había registrado el papel del cerebro en la cognición y el lenguaje, como deja ver el *Papiro quirúrgico* descubierto por Edwin Smith, donde se muestra una antología de casos clínicos de la época, destacándose, por ejemplo, la más antigua referencia a la afasia (pérdida del lenguaje debida a una lesión cerebral).

[3] Esto fue sugerido por Galeno en el 400 d. C. Los ventrículos son las áreas por las que circula el líquido cefalorraquídeo en el cerebro, una sustancia similar al plasma sanguíneo cuya función es transportar nutrientes y recoger desechos.

[4] Durante el siglo XVIII y XIX se realizaron importantes avances en la neurofisiología gracias el análisis de autopsias. Este sistema llevó a postular que a cada región del cerebro le correspondía una función específica. La frenología, desarrollada por el anatomista vienés Franz Joseph Gall, y popular en el siglo XIX, fue una pseudociencia que llevó esta idea al extremo. Postulaba que era posible, por medio de la inspección minuciosa del cráneo, identificar características tales como la capacidad mental, el carácter y la personalidad de un individuo. Si se piensa un poco, no resulta sorprendente que esta práctica se popularizara en muchas poblaciones como herramienta para validar la esclavitud y el racismo imperantes en su tiempo.

[5] Esta velocidad es imprecisa ya que fue medida en el nervio ciático de una rana. Las velocidades de transmisión dependen en gran medida del calibre del axón de cada neurona, cuyo aumento reduce la resistencia y por lo tanto, aumenta la velocidad. Otro factor importante para determinar la velocidad de conducción nerviosa en determinado tracto es la presencia o no de vainas de mielina.

© Aída Ortega. *Llanto*, 2018.

[6] Al pensar en la electricidad del sistema nervioso, es común imaginar corrientes de electrones que fluyen como en un cable eléctrico; sin embargo, Bernstein permitió observar que en realidad se trata del flujo de iones, los cuales poseen carga. Al ingresar iones positivos desde el exterior de una célula, esta adquiere una carga más positiva (despolarización), lo cual induce la apertura de canales adyacentes que permiten la entrada de más iones positivos, iniciando una cascada de despolarizaciones que recorre la neurona como si de un cable eléctrico se tratara.

[7] La glía es un conjunto de células no neuronales del sistema nervioso, las cuales median una gran cantidad de procesos, tales como suministrar energía a las neuronas, servir como anticuerpos, e incluso regular las transmisiones sinápticas, inhibiéndolas o facilitándolas. Aunado a esto, son responsables de la mielinización de los axones, indispensable para permitir que los potenciales de acción se propaguen por grandes distancias. Así, no será posible entender las redes neuronales sin atender la regulación glial que las media.

BIBLIOGRAFÍA

Kuhn TS (1985). *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.

Schwiening CJ (2012). A brief historical perspective: Hodgkin and Huxley. *The Journal of Physiology*, 590(Pt. 11), 2571.

Brazier MA (1957). Rise of neurophysiology in the 19th century. *Journal of Neurophysiology* 20(2):212-226.

Rozo C (2007). El problema de la conciencia. El aporte de una visión estratégica en el siglo XXI. *Avances en Psicología Latinoamericana* 25(2):163-178.

Thomson AM and Armstrong WE (2011). Biocytin-labelling and its impact on late 20th century studies of cortical circuitry. *Brain Research Reviews* 66(1-2):43-53.

Rodríguez de Romo AC (2005). ¿Reticularismo o neuronismo?: diferente percepción de la misma circunstancia. *Archivos de Neurociencias* 10(1):26-32.

Monod J (1975). *El azar y la necesidad: ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*. Tusquets, España.

Martínez-Montes E, Castellanos A, Canales-Rodríguez E, Iturria Y y Valdés-Sosa P (2006). El cerebro como sistema complejo: estimación de la conectividad cerebral. *Revista Cubana de Física* 23:97-106.

Alan Edrei Flores-Gaona
Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM
Campus Juriquilla, Querétaro, México
alanedrei@comunidad.unam.mx

Gerardo Rojas-Piloni
Departamento de Neurobiología del Desarrollo
y Neurofisiología, Instituto de Neurobiología, UNAM
Campus Juriquilla, Querétaro, México
piloni@unam.mx

© Aída Ortega. *Peligrosa*, 2009.

www.elementos.buap.mx

Marco Josepho Salgado y Luis Joseph Ignacio Montaña, dos precursores de la medicina moderna en la Nueva España

Reyna Beatriz **Vázquez González**
Luis Adrián **Rodríguez Cortés**

Para evaluar la importancia de un personaje en la historia de la ciencia no basta con juzgar su obra desde el punto de vista de las teorías y prácticas contemporáneas, ni enumerar las veces que se le menciona en los registros de las grandes personalidades de su época. El presente texto rescata el ejercicio de dos médicos novohispanos de origen poblano, Marco Josepho Salgado Cerón y Luis Joseph Ignacio Montaña y Tello de Meneses quienes, si bien no delimitaron la forma en que se desarrolló la medicina del México independiente, trastocaron el tradicionalismo de la medicina escolástica española a través de su cercanía a las teorías y prácticas médicas extranjeras (inglesas y escocesas), a pesar de las dificultades de diversa índole que se les presentaron. El artículo comienza mostrando las condiciones que afectaron el desarrollo de la ciencia oficial española, para después definir en qué sentido la ciencia novohispana tuvo oportunidad de desarrollarse por una vía distinta; finalmente, se observa en Salgado y Montaña a dos eruditos que aprovecharon la coyuntura social de las postrimerías de la época colonial para ejercer y difundir la medicina moderna.

OBSTÁCULOS Y CONDICIONES DEL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS EN ESPAÑA EN EL SIGLO XVIII

Al fallecer Carlos II sin descendencia, en 1700, se desató un conflicto bélico por la ocupación del trono español. Dicho evento, conocido como la Guerra de Sucesión, tuvo lugar entre los simpatizantes de la Casa de Austria y los de la Casa de Borbón "en la que se calcula que murieron 1,251,000 personas, cerca de medio millón en Francia, muchas de ellas por enfermedad".[1]

La contienda por la Corona se agudizó, por un lado, debido a la presencia de numerosos extranjeros en Cataluña, fruto de las constantes ocupaciones francesas que la milicia no pudo repeler con éxito al final de la Guerra de los Nueve Años; y por otro, a que el conflicto se interpretó como una coyuntura para cargar la balanza del dominio mundial a favor de grupos previamente formados por coincidencias políticas y religiosas,

> [...] hasta el punto que podemos calificarla de guerra mundial [en la que intervinieron] España, Portugal, Italia, los territorios del Imperio, Países Bajos, Francia y América del Norte y del Sur.[2]

Como resultado político de la disputa, se consolidó en el trono Felipe V, de la Casa de Borbón.

El ascenso de Felipe V al trono acarreó contradicciones culturales importantes en España. Desde finales del siglo XVII, durante el reinado de Carlos II (1665-1700), las querellas políticas con los franceses alojados en el territorio catalán provocaron que este fuera un espacio en tensión con la Corona. El conflicto fue alimentado por el recelo generado hacia los productos franceses, que afectaron negativamente el consumo de mercancías locales en España y en América, y con esto las ambiciones de la burguesía catalana; de ello resultó una francofobia difundida entre comerciantes y grupos hegemónicos españoles a partir de la segunda mitad del siglo XVII,[3] sin embargo, la dinastía que se encumbró en el trono español apenas iniciado el siglo XVIII –la Casa de Borbón– tenía un ascendiente eminentemente francés.

© **Aída Ortega.** *El paseo*, 2015.

El reinado de Felipe V, y la concomitante complacencia hacia Francia desde la Corona española, no eliminó las tensiones que se habían generado entre la burguesía de la península y el comercio francés. El desprecio generalizado de algunos grupos españoles hegemónicos hacia la cultura francesa continuó latente durante gran parte del siglo XVIII, y se vio reflejado en el rechazo que la ciencia oficial española (la desarrollada en las universidades) mantuvo con respecto al desarrollo extranjero de las ciencias y las artes.

Cabe observar que, irónicamente, en medio de los inconvenientes que enfrentó España en el cambio de siglo, se desarrollaron los elementos que posibilitaron su estabilidad científica, económica, política y cultural, lo cual evitó (o al menos retrasó) su exclusión como una potencia europea. Por ejemplo: si bien las ocupaciones francesas fueron motivo del recelo burgués en la época de Carlos II, en la Guerra de Sucesión, los cirujanos franceses que llegaron a Cataluña como parte del ejército de Felipe V renovaron la cirugía catalana,[4] constituyendo la base para modernizar esta disciplina en toda España. Fue el espacio bélico en donde tuvo lugar un encuentro que, más allá de la estrategia militar, afectó ineludiblemente al desarrollo quirúrgico español, al grado de ser una pieza fundamental para el advenimiento del movimiento *novator* a finales del XVII y comienzos del XVIII.[5]

© Aída Ortega. *Para mí*, 2017.

Con este ejemplo sobre el desarrollo científico como dependiente de la transmisión y adaptación de prácticas y saberes extranjeros, se muestra que las universidades españolas entre los siglos XVII y XVIII permanecieron ajenas a esta retroalimentación práctica y teórica, por lo que no eran capaces de proveer al alumnado de la formación científica moderna. Tal crítica se agudiza al considerarse que no solo la cirugía, sino disciplinas como la matemática y la astronomía "eran conocidas en la época como las cátedras "raras" [...] Solo la teología y la metafísica gozaban de cierta actividad intelectual".[6]

EFECTOS DEL ESTADO DE LAS CIENCIAS ESPAÑOLAS EN LA NUEVA ESPAÑA

A causa del rezago en la "ciencia oficial" en la metrópoli, podría decirse que el siglo XVIII llegó tarde a las instituciones de la Nueva España,[7] pues, mientras el cambio de siglo fue recibido por otras naciones con una prometedora estructura política (Inglaterra), o con el desarrollo sobresaliente de las ciencias y las artes (Francia), la metrópoli ibérica lo encaró con un vacío en el poder monárquico y un notable tradicionalismo escolástico. Aunque la Nueva España siempre tuvo particularidades que la eximían de ser idéntica culturalmente a la metrópoli, los juegos de poder que dejaron legalmente a los jesuitas fuera del territorio español en 1767 repercutieron ineludiblemente en la América hispana.

Una de las medidas por las que optó la Corona ante el déficit en la cantidad de personal educativo tras la expulsión de los jesuitas, fue el envío desde España de un número considerable de maestros y seminaristas cuya manutención se esperaba cubrir con los fondos, rentas y bienes que pertenecían de antaño a la Compañía de Jesús.[8] En este contexto, dos fuentes fueron las difusoras y productoras de saberes en la Nueva España, a saber: la universidad y las instituciones colegiales impulsadas por la milicia y la Corona.

PARTICULARIDADES DE LA ILUSTRACIÓN EN LA NUEVA ESPAÑA

Referente a la distinción de lo que puede considerarse la Ilustración española y la americana, Thomas Calvo escribe:

> Entre Descartes y Newton, Feijoo escogió claramente quien le ofrecía mayor compatibilidad con su fe. Los americanos fueron más eclécticos o pragmáticos.[9]

Dicha diferencia justifica pensar a la novohispana como una Ilustración más secular que la española, motivada por la practicidad de los conocimientos técnicos y la observación, que no precisaban enlazarse con una tradición precedente. Otro indicio de una auténtica Ilustración novohispana es la definición propia de este movimiento cultural propuesta por Benito Díaz de Gamarra, quien habla de la Ilustración en términos de "los principios sólidos, las ideas claras y distintas, la hermosa luz de la experiencia"[10] como armas frente al obstáculo que la tradición representaba para el pensamiento.

EL PAPEL DE SALGADO Y DE MONTAÑA EN EL CAMINO HACIA UNA MEDICINA ILUSTRADA EN LA NUEVA ESPAÑA

El destino de la medicina en la Real y Pontificia Universidad de México en los siglos XVII y XVIII sufrió un estancamiento análogo al del resto de las ciencias en el recinto.

A pesar del paulatino desarrollo de prácticas como la autopsia –a la que se sometieron personalidades civiles y religiosas, como el arzobispo García Guerra,[11] en 1612–, la enseñanza médica en la Universidad presentó una fuerte resistencia a la apertura académica hacia los avances en materia quirúrgica y anatómica.

Dentro de la Universidad, los médicos más renombrados se resistieron a la admisión de estudios novedosos, ejemplo de ello fue el afamado catedrático Diego Osorio de Peralta. Nacido en la Ciudad de México en 1635, Osorio de Peralta disfrutó de una carrera universitaria "continuada y ascendente desde 1660 hasta el año de su jubilación en 1687".[12] A pesar de haber sido el primer médico en elaborar un tratado de anatomía en la Nueva España con la intención de difundirlo como material de enseñanza, bajo el título: *PRINCIPIA MEDICINA E, EPITOME, Et Totius humani Corporis Fabrica seu ex microcosmi armonia divinum, germen,* el médico sostuvo una relación plena con Galeno e Hipócrates, al grado de citarlos en numerosas ocasiones (la obra contiene siete apartados, de los cuales uno está dedicado a comentar los aforismos hipocráticos[13]).

A partir de ese caso paradigmático de la medicina universitaria a finales del siglo XVII, podemos distinguir algunas condiciones de posibilidad presentes en la época de los borbones que propiciaron la presencia de una auténtica actitud ilustrada en personajes de la Nueva España en el siglo XVIII, que significara un cambio ante el panorama tradicionalista.

El ascenso de Felipe V al trono trajo consigo una vigilancia más estrecha a los organismos encargados de rendir cuentas a la Corona. Thomas Calvo ofrece un panorama de las relaciones novedosas entre la Corona y la Academia en el siglo XVIII:

> El Estado esperaba, a través de los científicos –y una administración mejor preparada– informes detallados, precisos que permitirán sacar mayor provecho de las riquezas del nuevo mundo, modernizar los sectores sensibles –sobre todo la minería, pero también la botánica–, racionalizar su propio proceder.[14]

Probablemente dicha exigencia hizo menguar paulatinamente el tradicionalismo presente en la profesión médica, en beneficio de la eficiencia.[15] Uno de los catedráticos que mostró lo propicio que resultó este ambiente para introducir elementos que renovaran la medicina tradicionalista, aun a pesar de las teorías y prácticas de la hegemonía médica de la metrópoli, fue Marco Josepho Salgado Cerón (1671-1740).[16]

Para reconocer los aspectos ilustrados en la obra de Salgado, en principio, cabe destacar que en diversos sitios de su *Cursus medicus mexicanus* (1727)[17] el médico poblano se pronuncia de manera crítica ante autoridades clásicas del pensamiento, como Aristóteles e Hipócrates. Aunque no muestra una refutación explícita de los argumentos de estos autores, cuestiona la utilidad de sus

© Aída Ortega. *Un día*, 2016.

© Aída Ortega. *Psicoterapia*, 2016.

ideas para el desarrollo de la medicina moderna. Al comentar la doctrina de los cuatro elementos, el médico de origen poblano escribe:

> Y no se obtiene una menor dificultad, al comprender el modo en el que existen las cualidades de los elementos en la sentencia de Aristóteles [...] el aire, el fuego, el agua y la tierra no son elementos sensibles e inmediatos de los cuerpos, los cuales, siendo pertinentes a los médicos, deben ser investigados.[18]

Del citado fragmento se desprende la imposibilidad concebida por Salgado de que pueda el médico trabajar a partir de conceptos de raigambre puramente filosófica, sin sustento empírico que pueda aportar algo a la comprensión concreta del cuerpo humano.

Probablemente lo más llamativo del *Cursus medicus mexicanus* –para efectos del presente estudio– sean sus referencias a la doctrina de William Harvey sobre la circulación de la sangre. Sobre dicha teoría circulatoria, Salgado escribe:

> [el movimiento de la sangre] ha sido claramente demostrado por William Harvey. En este movimiento circular, la causa principal es el corazón que, con sus latidos, expulsa la sangre empujándola en las arterias. La repetición de latidos cardiacos vigorosos hace que esta, tras haber dejado el corazón a través de las arterias, vuelva a él por las venas.[19]

En un marco de rechazo general a la obra del médico inglés, cabe preguntarse ¿cómo obtuvo Salgado el conocimiento de la teoría circulatoria de Harvey? Según la indagación de Alfredo de Micheli

> La *Exercitatio anatómica*... de Harvey no figura en ninguna de las listas de libros presentadas por libreros y particulares al tribunal de la Santa Inquisición durante el siglo XVII. [...] La monografía harveyana tampoco se menciona entre los libros de la Universidad de México, catalogados el 4 de octubre de 1758 por orden del Rector don Antonio de Chávez.[20]

Al parecer, aunque con poca difusión en España, la obra de William Harvey no fue condenada ni perseguida en general por la censura del Tribunal de la Santa Inquisición en la Nueva España. Esta hipótesis parece apegarse a los hechos, ya que, como afirma de Micheli, la teoría de la circulación sanguínea tuvo una recepción favorable en la Universidad de México, lo cual es patente en las numerosas tesis que se escribieron sobre el tema, como la del estudiante José Isidoro Aragonés Cortezero, discípulo del propio Salgado, a la que se añadieron obras posteriores sobre el mismo tópico, bajo la autoría del Padre Francisco Xavier Clavijero y de José Antonio Alzate y Ramírez.[21]

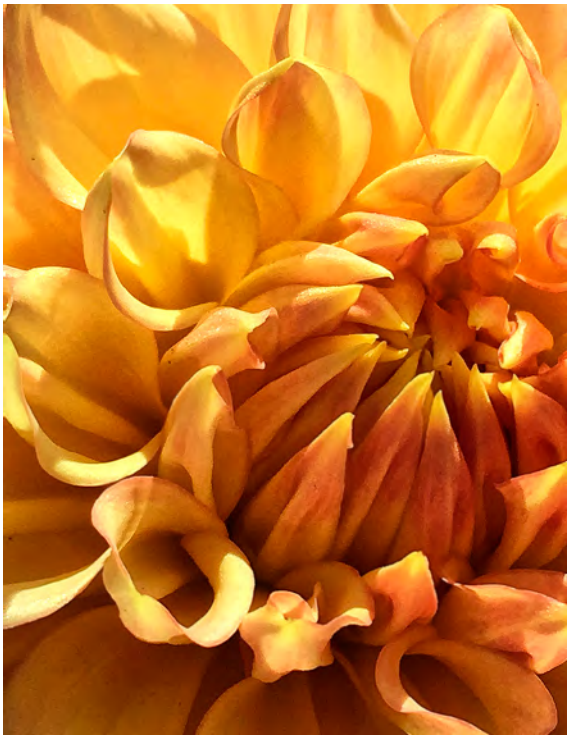
Con tales datos, podemos ver en la figura de Salgado un promotor de una medicina más allá de la tradición escolástica, que llegó a inaugurar

una línea de investigación como parte de una renovada dinámica en la Universidad mexicana.

Así como en el caso de la difusión de la doctrina de Harvey en México por Salgado, el doctor Luis Joseph Montaña logró difundir en la Nueva España una medicina basada en la obra del médico escocés John Brown y en la moderna química francesa, a finales del siglo XVIII y principios del XIX. En este contexto, la reacción ante la Revolución y la subsecuente guerra entre España y la República Francesa implicó fuertes medidas de control en la península ibérica, ante una posible filtración y difusión del ánimo revolucionario en sus colonias.

La Nueva España de Luis Joseph Montaña (nacido el 21 de octubre de 1755 en Puebla de los Ángeles)[22] contaba con impedimentos de índole distinta a la persecución de doctrinas peligrosas para el desarrollo de las ciencias. Desde que alcanzó el grado de Doctor en medicina en 1793,[23] el médico poblano se empeñó en dictar las cátedras de *Prima* y de *Vísperas*, para lo cual participó en numerosas convocatorias de oposición; sin embargo, al ser

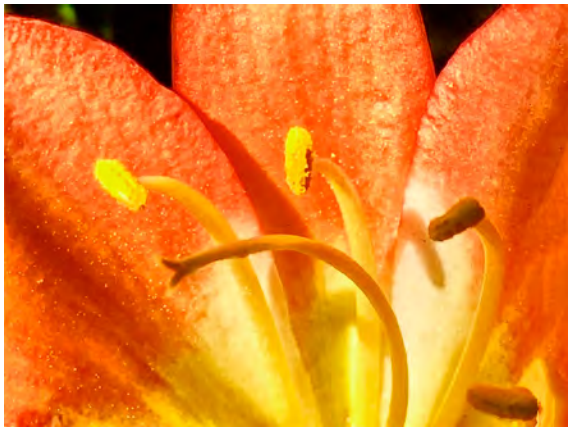
© Aída Ortega. *Espero*, 2016.



la reputación y la antigüedad dos de los criterios esenciales para conseguir el puesto, el médico poblano no conseguiría su objetivo sino hasta 1815[24] (a sus 70 años). Al ver frustradas sus aspiraciones, Luis Joseph Montaña se dedicó a ampliar sus conocimientos sobre medicina, química, lenguas y botánica. En 1804, se vio favorecido por el arzobispo Francisco Javier de Lizana y Beaumont, quien gestionó "la creación de una cátedra de clínica médica en el Hospital de San Andrés",[25] destinada para que fuese impartida por el doctor Montaña.

El beneplácito del arzobispo hacia Luis Joseph Montaña ocasionó una serie de disputas profesionales que constituyeron el mayor obstáculo para el médico poblano. Aunque la Universidad no prestaba importancia a los estudios clínicos, el director de la Real Escuela de Cirugía, Antonio Serrano, "se negó a permitir que sus pasantes concurrieran a la clínica médica"[26] que dictaría Montaña. No solo se trataba del celo profesional por acaparar una mayor matrícula para su institución; en realidad, Montaña (probablemente sin saberlo) había ingresado en una pelea que llevaba años desarrollándose entre el Real Tribunal del Protomedicato y la Real Escuela de Cirugía. Así como el Protomedicato había cuidado por décadas de los intereses de los médicos y su superioridad con respecto a los cirujanos y otros facultativos vinculados con el cuidado de la salud, Antonio Serrano, en su calidad de director de la Real Escuela de Cirugía "dio cuenta del deshonor y la corrupción de los miembros del Protomedicato en sus actividades dentro de la Real Escuela".[27]

Al procurar mediante su autoridad que la cátedra del doctor Montaña fuera obligatoria, el Protomedicato hizo del médico poblano un blanco para los ataques e intrigas de personajes como Antonio Serrano, a lo cual el propio Luis Joseph Montaña agregó motivos al defender en 1807 a algunos estudiantes que el director de la Real Escuela de Cirugía había expulsado por no comprobar su pureza de sangre.[28] Como resultado de la polémica, la cátedra de clínica en el Hospital de San Andrés no llegó a concretarse. Lejos de que estos impedimentos alejaran a Montaña de la actividad médica



© Aída Ortega. *La luz*, 2017.

© Aída Ortega. *Recuerdo*, 2016.

y de la difusión científica, fue este marco el que propició una de las iniciativas por las cuales se le reconoce como un auténtico pensador ilustrado, a saber, la formación de grupos reducidos en los cuales el médico compartía aquello que no podía hacer en una cátedra formal. En estos grupos, Montaña realizaba observaciones

> [...] que después interpretaba en reuniones que efectuaba con ellos en su estudio, mismas que utilizaba para iniciarlos [a sus estudiantes] en el método científico, transmitirles los nuevos conocimientos y discutir las propiedades curativas de las plantas medicinales mexicanas, de las que había hecho observaciones en los enfermos de los hospitales.[29]

Por si tal mérito no fuese suficiente para destacar en la historia de la medicina en México, cabe insistir en la introducción que Luis Joseph Montaña hizo del pensamiento de John Brown en las postrimerías de la Nueva España, fenómeno abordado en gran medida en dos obras de José Joaquín Izquierdo: *El Brunonismo en México, hacia 1800* y *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico en México*, en las cuales menciona también la actitud crítica que el médico mexicano mantiene hacia Brown, valiéndose de las nociones de la química moderna, sobre todo por la división y la naturaleza de los estímulos que propuso el escocés (locales y generales), a la cual Montaña opone una propuesta de cuatro clases: físico-mecánicos, químicos, positivos y negativos.[30]

A partir de estas novedosas bases teóricas, Montaña conformó un texto para el auxilio de los afectados por la epidemia de tifo exantemático que se presentó en Puebla en noviembre de 1812.[31] El escrito llevó por título *Modo de socorrer a los enfermos de la epidemia actual en los casos en que no hay médico que los asista*.[32]

Finalmente, hay que mencionar que las luces que Luis Joseph Montaña aportó a la medicina en México continuaron vigentes después de su fallecimiento, esto a pesar de que el nombre del médico poblano cayera en cierto olvido (urdido por sus detractores, según la opinión de José Joaquín Izquierdo[33]). El legado del doctor Montaña y su introducción de la medicina de Brown en la Nueva España se pueden constatar en las instituciones del México independiente, por ejemplo, en las discusiones que llevó a cabo la Academia Médico-Quirúrgica de Puebla en 1825, al respecto de cuál "opinión era más útil para la humanidad, si la de Brown o la de Broussais".[34]

CONCLUSIONES

Los factores políticos, económicos y culturales que condicionaron el ejercicio de la medicina española no tuvieron un impacto idéntico en las colonias.

En la Nueva España, el rechazo general de los grupos hegemónicos ibéricos de las tradiciones y mercancías extranjeras, especialmente de las francesas, no afectó de forma tajante la difusión de un pensamiento capaz de innovar las prácticas terapéuticas y la comprensión fisiológica del ser humano. Esta coyuntura permitió que la modernización de la medicina novohispana tuviera como un punto de apoyo relevante el ejercicio de los médicos poblanos que hemos abordado en esta investigación.

Por un lado, Marco Josepho Salgado logró popularizar un pensamiento fisiológico que estaba en franca discordancia con la concepción tradicional del cuerpo, adquirido de las autoridades clásicas del pensamiento como Hipócrates y Aristóteles.

Si bien estos autores ya eran cuestionados por los médicos de otras latitudes, en la cultura española todavía eran pilares fundamentales en la teoría y la práctica médica.

Por otra parte, lo expuesto sobre el doctor Luis Joseph Montaña habla de un periodo de la medicina novohispana en el que los impulsos y las trabas más notorios para su desarrollo no provienen de las restricciones de la metrópoli ni de la limitación en la comprensión científica de su entorno, sino del celo presente en el estamento profesional circundante. Aun con tal inconveniente, el doctor Montaña logró colocar a la medicina de John Brown como un paradigma de la medicina todavía patente en el México independiente.

A pesar de las tentativas de un desarrollo médico independiente de las instituciones españolas, cabe mencionar que los materiales extranjeros adquiridos al respecto de la medicina (y de otras disciplinas) en los siglos XVII y XVIII solo pudieron mostrar su pleno efecto en el ejercicio médico y en el ámbito sanitario cuando la coyuntura política diluyó el dominio de la hegemonía intelectual escolástica en el siglo XIX, es decir, cuando los mexicanos emprendieron la búsqueda de una nueva identidad política, cultural, académica y, por ende, institucional.

NOTAS

[1] Albareda, Joaquim, *La guerra de sucesión de España (1700-1714)*, España, Editorial Crítica, 2010, p. 15.

[2] *Ibid*, p. 16.

[3] Cfr. *Ibid*, p. 137.

[4] Cobo Gómez, Jesús, "La práctica médico-quirúrgica en la primera generación del movimiento novator a través de las obras de Juan Bautista Juanini (Milán, 1632-Madrid, 1691)", Universidad Autónoma de Barcelona, tesis doctoral, 2006, p. 50.

[5] Cfr. Cobo Gómez, Jesús, *Op. Cit*.

[6] Rodríguez Sánchez, Rafael-Ángel, *La introducción de la medicina moderna en España. Una imagen de nuestra renovación científica (1687-1727) desde la teoría de la ciencia de Thomas Kuhn*, Sevilla, Ediciones Alfar, 2005, p. 42.

[7] Cfr. Florescano, Enrique, e Isabel Gil, "1750-1808, La época de las Reformas Borbónicas y del crecimiento económico", *Historia General de México*, El Colegio de México, vol. 2, cap. III, México, 1974.

[8] Giménez-López, Enrique, "El destino de los Colegios de la Compañía en Ciudad de México tras la expulsión de los jesuitas", *Revista de Historia Moderna*, núm. 32, 2014, p. 272.

[9] Calvo, Thomás, "Ciencia, cultura y política ilustradas (Nueva España y otras partes)", en: García Ayluardo, Clara (Coord.), *Las reformas Borbónicas 1750-1808*, México, Fondo de Cultura Económica, 2010, p. 90.

[10] Díaz de Gamarra y Dávalos *apud* Calvo, Thomás, "Ciencia, cultura y política ilustradas (Nueva España y otras partes)", en: García Ayluardo, Clara (Coord.), *Las reformas Borbónicas 1750-1808*, México, Fondo de Cultura Económica, 2010, p. 91.

[11] Somolinos Palencia, Juan, "El sentido indagador de los médicos novohispanos", en: Aréchiga, Hugo y Juan Somolinos (Comps.),

© Aída Ortega. *Flor de papel*, 2016.

© Aída Ortega. *Al sol*, 2016.

Contribuciones mexicanas al conocimiento médico, México, Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Salud, 1993, p. 51.

[12] Rodríguez-Sala, María, "Diego Osorio de Peralta, hombre del barroco, autor del primer libro novohispano de anatomía como texto docente", *Estudios de historia novohispana*, núm. 16, 1996, Universidad Nacional Autónoma de México, 1996, p. 63.

[13] Cfr. *Ibid*, p. 72.

[14] Calvo, Thomás, *Op. Cit*, 2010, p. 96.

[15] Los privilegios del médico sobre cirujanos, flebotomianos, farmacéuticos, boticarios etc., no desaparecieron en México de las legislaciones sobre el ramo de la medicina sino hasta 1831. Cfr. Vázquez, Reyna Beatriz, *De la cirugía a la medicina quirúrgica en Puebla, 1768-1832*, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2017, p. 135.

[16] La biografía más completa que, al momento, se conoce sobre Marcos Josepho Salgado se encuentra en la obra de Rodríguez Sala, María Luisa, y Rosalba Tena Villeda, *Los doctores en medicina: sus redes sociales (Etapa barroca, 1622-1727)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, Academia Mexicana de Cirugía, Patronato del Hospital de Jesús, 2015.

[17] Salgado, Marco Josepho, *Cursus medicus mexicanus. luxta sanguinis circulationem, & alia recentiorum inventa ad usum studentium in hàc regali, Pontificià Mexicanà Academia, Apud Hæredes Viduæ Michaelis de Rivera*, 1727.

[18] "*Nec minorem obtinet difficultatem, percipere modum, quo qualitates elementis insunt in Aristotelis sententia (...) illud unum pro certo habentes, aerem, ignem, aquam et terram non esse sensibilia, et immediata corporum elementa, quae perquirere, spectat ad Medicos*". Salgado, M. J., *Op. Cit.*, 1727, p. 3. (Traducción de Vidzu Morales Huitzil).

[19] *Ibid*, p. 184.

[20] De Micheli, Alfredo, "El largo camino hacia la cardiología mexicana de hoy" en: *Gaceta médica de México* vol. 140 núm. 3 México mayo-junio, 2004. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132004000300018 el 27 de noviembre del 2019.

[21] *Ibid*.

[22] La biografía más completa que, al momento, se conoce sobre Luis Joseph Ignacio Montaña y Tello de Meneses se encuentra en la obra de Rodríguez Sala, María Luisa, y Rosalba Tena Villeda, *Médicos en la Nueva España ilustrada (1780-1809). Roles y redes sociales*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, Academia Mexicana de Cirugía, Patronato del Hospital de Jesús, 2016. (De: http://ru.iis.sociales.unam.mx/jspui/bitstream/IIS/5235/1/medicos_redes_sociales7.pdf).

[23] Izquierdo, José Joaquín, *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico de México*, México, Ediciones Ciencia, 1955, p. 105.

[24] Neri-Vela, Rolando y Sánchez-Fernández, Luis, "Acerca de los inicios de la clínica en México", *Anales médicos*, vol. 62, núm. 4, octubre-diciembre 2017, p. 303.

[25] Izquierdo, J. J., *Op. Cit.*, 1955, p. 206.

[26] *Ibid*, p. 207.

[27] Vázquez González, R. B., *Op. Cit.,* p. 41.

[28] Izquierdo, J. J., *Op. Cit.*, 1955, p. 208.

[29] Neri-Vela, R., *Op. Cit*., p. 303.

[30] Izquierdo, J. J., *Op. Cit.*, 1955, p. 354.

[31] Cuenya Mateos, Miguel Ángel, *Salud, enfermedad y muerte en la ciudad de Puebla. De la independencia a la revolución*, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ediciones de Educación y Cultura, 2010, pp. 33-44; sobre el particular, véase también el estudio clásico elaborado por Lourdes Márquez Morfin, *La desigualdad ante la muerte en la ciudad de México. El tifo y el cólera*, México, Siglo XXI Editores, 1994, 358 pp.

[32] Torres Vargas, Georgina Araceli, *La Universidad en sus publicaciones. Historia y perspectivas*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1995, p. 37.

[33] Izquierdo, José Joaquín, "Para recuerdo y emulación perennes del insigne don Luis Montaña", *Tiempo universitario*, Gaceta histórica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, año 8, núm. 9, mayo 2005. DE: página de Internet consultada en noviembre 2019: http://148.228.11.41/archivo-2019/sites/default/files/Tiempo%20Universitario/2005/09/index.htm#11.

[34] Vázquez G., R. B., *Op. Cit*., p. 90.

BIBLIOGRAFÍA

Albareda Salvadó J (2010). *La guerra de sucesión de España (1700-1714)*, España, Editorial Crítica.

Calvo T (2010). Ciencia, cultura y política ilustradas (Nueva España y otras partes). En: García Ayluardo, Clara (Coord.), *Las reformas Borbónicas 1750-1808*, México, Fondo de Cultura Económica.

Cobo Gómez J (2006). "La práctica médico-quirúrgica en la primera generación del movimiento novator a través de las obras de Juan Bautista Juanini (Milán, 1632-Madrid, 1691): imagen historiográfica, saberes médicos y prácticas quirúrgicas", España, Universidad Autónoma de Barcelona, tesis doctoral.

© Aída Ortega. *Sin tregua*, 2018.

© Aída Ortega. *Kaliméra*, 2016.

Cuenya Mateos MÁ (2010). *Salud, enfermedad y muerte en la ciudad de Puebla. De la independencia a la revolución*, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ediciones de Educación y Cultura.

De Micheli A (2004), "El largo camino hacia la cardiología mexicana de hoy", *Gaceta médica de México* 3(4), México.

Florescano Mayet EF y Gil I (1974). 1750-1808. La época de las reformas borbónicas y del crecimiento económico, *Historia General de México*, vol. 2, cap. III, El Colegio de México, México.

Giménez-López E (2014). El destino de los Colegios de la Compañía en Ciudad de México tras la expulsión de los jesuitas. *Revista de Historia Moderna* 32.

Izquierdo JJ (2006). *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico de México* [1955], México, Ediciones Ciencia.

Izquierdo JJ (2005). Para recuerdo y emulación perennes del insigne don Luis Montaña, *Tiempo universitario* 9, año 8. Gaceta histórica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. De: http://148.228.11.41/archivo-2019/sites/default/files/Tiempo%20Universitario/2005/09/index.htm#11, el 29 de noviembre de 2019.

Neri-Vela R y Sánchez-Fernández L (2017). Acerca de los inicios de la clínica en México. *Anales médicos* 4 (62).

Rodríguez Sala ML (2016). *Médicos en la Nueva España ilustrada (1780-1809). Roles y redes sociales*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, Academia Mexicana de Cirugía, Patronato del Hospital de Jesús. Recuperado de: http://ru.iis.sociales.unam.mx/jspui/bitstream/IIS/5235/1/medicos_redes_sociales7.pdf.

Rodríguez Sala ML y Tena Villeda R (2015). *Los doctores en medicina: sus redes sociales (Etapa barroca, 1622-1727)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, Academia Mexicana de Cirugía, Patronato del Hospital de Jesús. Recuperado de: http://ru.iis.sociales.unam.mx/jspui/bitstream/IIS/4927/2/medicos5_port.jpg.

Rodríguez Sánchez RÁ (2005). *La introducción de la medicina moderna en España. Una imagen de nuestra renovación científica (1687-1727) desde la teoría de la ciencia de Thomas Kuhn*, Sevilla, Ediciones Alfar.

Rodríguez-Sala M (1996). Diego Osorio de Peralta, hombre del barroco, autor del primer libro novohispano de anatomía como texto docente. *Estudios de historia novohispana* 16. Universidad Nacional Autónoma de México.

Salgado MJ (1727). *Cursus medicus mexicanus. Iuxta sanguinis circulationem, & alia recentiorum inventa ad usum studentium in hàc regali, Pontificià Mexicanà Academi*, Apud Hæredes Viduæ Michaelis de Rivera.

Somolinos Palencia J (1993). El sentido indagador de los médicos novohispanos. En: Aréchiga, H. y Somolinos, J. (Comps.), *Contribuciones mexicanas al conocimiento médico*, México, Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Salud.

Torres Vargas GA (1995). *La Universidad en sus publicaciones. Historia y perspectivas*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Vázquez RB (2017). *De la cirugía a la medicina quirúrgica en Puebla, 1768-1832*, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Reyna Beatriz Vázquez González
beadeave@gmail.com
Luis Adrián Rodríguez Cortés

Identificación de emociones y sentimientos en textos históricos

Stephanie **Vázquez-González**
María **Somodevilla-García**

¿QUÉ ES LA IDENTIFICACIÓN DE SENTIMIENTOS?

También conocido como análisis de sentimientos, es el proceso de determinar si un escrito es positivo, negativo o neutral. Un sistema de análisis de sentimientos para el análisis de texto combina el procesamiento del lenguaje natural (PNL) –es el campo de conocimiento que se ocupa de investigar la manera de comunicar las máquinas con las personas mediante el uso de lenguas naturales, como el español, el inglés, etc.– y las técnicas de aprendizaje automático (inteligencia artificial) para asignar puntajes de sentimientos ponderados a las entidades, temas y categorías dentro de una oración o frase (Cieliebak, 2018).

Este análisis ayuda, por ejemplo, a los analistas de datos de grandes empresas a evaluar la opinión pública, realizar investigaciones de mercado matizadas, controlar la reputación de la marca y el producto, y comprender las experiencias de los clientes. Además, las compañías de análisis de datos a menudo integran herramientas de análisis de sentimientos de terceros en su propia plataforma de gestión de la experiencia del cliente, monitoreo de redes sociales o análisis de la fuerza laboral, con el fin de brindar información útil a sus propios clientes.

BASES TEÓRICAS DEL ANÁLISIS DE SENTIMIENTOS Y PROCESAMIENTO AUTOMÁTICO DE TEXTOS

Los modelos de análisis de sentimientos detectan la polaridad dentro de un texto (por ejemplo, una opinión positiva o negativa), ya sea un documento completo, un párrafo, una oración o una cláusula. El análisis de sentimientos asume varias formas, desde modelos que se centran en la polaridad (positiva, negativa, neutral) hasta aquellos que detectan emociones (enojado, feliz, triste, etc.), o incluso modelos que identifican intenciones (por ejemplo, interés en cierto tema o artículo).

¿Por qué identificar también emociones y no solo sentimientos? Si la precisión de polaridad es importante, se considera entonces hacer un análisis más fino de los sentimientos y emociones. La identificación de emociones tiene como objetivo detectar emociones como la felicidad, la frustración, la ira, la tristeza, etcétera. Muchos sistemas de detección de emociones usan lexicones (es decir, listas de palabras y las emociones que transmiten cada una) o algoritmos complejos de aprendizaje automático.

¿Qué aplicaciones tiene? El análisis de sentimientos ayuda a dar sentido al texto no estructurado etiquetándolo automáticamente; esto es importante porque se estima que el 80 % de los datos del mundo no están estructurados; en otras palabras, no están organizados. Se crean enormes cantidades de datos de texto (correos electrónicos, tickets de soporte, chats, conversaciones en redes sociales, encuestas, artículos, documentos, etc.) todos los días, pero son difíciles de analizar, comprender y clasificar, sin mencionar que consume mucho tiempo y es costoso.

Algunos de los beneficios del análisis de sentimientos incluyen:

- Procesamiento de datos a gran escala de una manera eficiente y rentable, ya que hay demasiados datos para procesarlos manualmente;
- Análisis en tiempo real para identificar problemas críticos, para que se puedan tomar medidas de inmediato;

Figura 1. Representación con emojis de diferentes emociones.

- Criterios consistentes, etiquetar texto por sentimiento es altamente subjetivo y mediante el uso de un sistema centralizado de análisis de sentimientos se puede aplicar el mismo criterio a todos los datos.

¿Y CÓMO FUNCIONA EL ANÁLISIS DE SENTIMIENTOS?

El análisis de sentimientos utiliza varios métodos y algoritmos de procesamiento del lenguaje natural (PNL), entre los principales algoritmos están:

1. *Sistemas basados en reglas* que realizan análisis de sentimientos basados en un conjunto de reglas creadas manualmente. Los sistemas basados en reglas son muy ingenuos ya que no tienen en cuenta el efecto de combinar palabras en una secuencia;
2. *Sistemas automáticos* que dependen de técnicas de aprendizaje automático que aprenden de los datos. Incluye principalmente dos grandes etapas: entrenamiento y predicción. La etapa de clasificación generalmente implica un modelo estadístico como Naïve Bayes (clase especial de algoritmos de clasificación basados en el teorema de Bayes), regresión logística (método que permite estimar la probabilidad de una variable), máquinas de vectores de soporte (es un modelo que representa a los puntos de muestra en el espacio, separando las clases a dos espacios lo más amplios posibles) o redes neuronales;
3. *Sistemas híbridos* que combinan enfoque automáticos y basados en reglas. Una gran ventaja de estos sistemas es que los resultados son a menudo más precisos.

MODELO DE EMOCIONES

Ahora que ya se mencionó cómo se identifican las emociones humanas en textos a través de dos técnicas principales, podemos hablar de cuáles

Figura 2. Rueda de Plutchik con la presentación de las ocho emociones básicas identificadas, con diferentes intensidades y entre cada emoción básica sus combinaciones en color blanco.

emociones se pueden identificar. Existen diversas clasificaciones de las emociones, y muchas teorías han sido propuestas con puntos de vista contrastantes, la base de estas son las emociones básicas. Algunos autores como William James han propuesto solamente cuatro emociones básicas basadas en el involucramiento corporal; Paul Ekman identificó seis emociones básicas ligadas a expresiones faciales y posteriormente propuso una lista expandida no necesariamente ligada a expresiones faciales; Richard y Bernice Lazarus proponen un modelo de quince emociones e incluso hay investigadores que identifican treinta y cuatro emociones provocadas por videos cortos. A cada una de las emociones descritas se le puede asignar una emoción contrastante, como pueden ser interés-indiferencia, paciencia-frustración, humildad-orgullo, etcétera.

Para representar las emociones y sus respectivas contrastantes se han diseñado también modelos diversos, uno de los más conocidos es la rueda de Plutchik (Donaldson, 2011). En este modelo hay ocho emociones principales: ira, anticipación, alegría, confianza, miedo, sorpresa, tristeza y aversión.

La rueda de emociones de Plutchik ilustra estas ocho emociones básicas y las diversas formas en que se relacionan entre sí, incluidas cuáles son opuestas y cuáles pueden convertirse fácilmente en otras. También representa emociones que son combinación de otras dos emociones primarias. Por ejemplo, anticipación y alegría se combinan para ser optimismo y cada una de las emociones primarias también está representada con diferentes intensidades a medida que se mueven hacia la parte exterior o interior de la rueda; cuanto más oscura es la sombra, más intensa es la emoción. Por ejemplo, la ira en su menor nivel de intensidad es enfado y en su nivel más alto de intensidad se convierte en furia. En la Figura 1 puede verse esta representación.

¿POR QUÉ IDENTIFICAR EMOCIONES EN TEXTOS HISTÓRICOS?

Existe un área de investigación en las humanidades llamada historia de las emociones, es un campo de investigación histórica relacionada con las emociones humanas, especialmente las variaciones entre culturas y períodos históricos en la experiencia y expresión de las emociones. La historia de las emociones se basa en la suposición de que no solo la expresión de los sentimientos, sino también los sentimientos mismos se aprenden. La cultura y la historia están cambiando, al igual que los sentimientos y su expresión. La relevancia social y la potencia de las emociones es histórica y culturalmente variable. En opinión de muchos historiadores, la emoción es, por lo tanto, una categoría tan fundamental de la historia, como la clase, la raza o el género. Así también, al identificar las emociones en textos históricos, se puede hacer una comparativa de las emociones más comunes en escritos de cierto periodo con los eventos que sucedieron al mismo tiempo en el lugar donde fue escrito el texto y encontrar relaciones. Otro de los aportes de estudiar textos históricos es por una parte generar recursos lingüísticos para el análisis automático de un idioma creando corpus, lexicones, tesauros, etcétera (Excellence & Emotions, 2020).

¿CÓMO SE UTILIZA EL ANÁLISIS AUTOMÁTICO EN TEXTOS HISTÓRICOS?

En cuanto al análisis de textos históricos, se han hecho trabajos variados desde la base misma para poder analizar textos históricos, que es la digitalización de manuscritos para poder realizar búsquedas y procesamiento automático posterior, ya que el desarrollo de investigación en textos antiguos depende ampliamente de la disponibilidad de estos en formato digital.

Algunos proyectos importantes de transcripción de manuscritos han utilizado herramientas como redes neuronales (conjunto de algoritmos, modelados libremente a partir del cerebro humano, que están diseñados para reconocer patrones) (Nicholson, 2019) o modelos de Markov (un tipo específico de modelo que produce los datos –un modelo de Markov– pero no sabe qué procesos los están produciendo, [Rabiner, 1989]). Otra tarea aplicada a los textos históricos es la traducción a la versión contemporánea de un idioma antes de aplicar las herramientas de PNL; para este fin se han utilizado métodos de traducción automática estadística (SMT en inglés).

El tema particular de análisis de sentimientos en textos históricos también tiene algunos proyectos interesantes como Lingmotif (análisis de sentimientos con representación visual) o ALCIDE (análisis de sentimientos en textos históricos en idioma italiano) pero destaca que hay muy pocos proyectos dedicados al análisis de textos históricos en idioma español. Si bien se han analizado textos en español, ello ha sido con otros fines, como la mera transcripción o la obtención de datos de tipo geográfico, es por eso que un proyecto de análisis de sentimientos en textos históricos en idioma español ayudaría a contribuir en investigaciones tanto dentro del campo computacional al crear recursos lingüísticos nuevos, como al campo de la historia de los sentimientos. Para un proyecto de esta índole utilizando textos históricos novohispanos, por ejemplo, se pueden emplear diferentes algoritmos de PLN como son transcripción, traducción al español contemporáneo y finalmente la identificación de sentimientos o emociones.

¿QUÉ DATOS PODEMOS UTILIZAR PARA UN PROYECTO ASÍ?

Un ejemplo de datos a utilizar para desarrollar un proyecto que involucre varias de las tecnologías disponibles para el análisis de sentimientos en texto son textos históricos novohispanos, en particular un corpus de textos inéditos que han sido recopilados por más de 30 años por la doctora Rosalva Loreto, investigadora de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Estos textos tienen como característica haber sido escritos principalmente por religiosas durante los siglos XVII y XVIII en la entonces

© Aída Ortega. *Koralli*, 2015.

© **Aída Ortega.** *Hace unos días*, 2015.

© **Aída Ortega.** *Te miro*, 2007.

Nueva España, y entre ellos hay autobiografías, sermones fúnebres y sermones de profesión.

¿QUÉ APORTE TIENE REALIZAR UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE ESTE TIPO?

Los aportes de un trabajo de investigación multidisciplinario son por supuesto también en varias áreas. Por una parte, se desarrolla una nueva metodología que permita hacer análisis de sentimientos y emociones en textos extensos; en el transcurso de la investigación también se crean recursos léxicos nuevos y que serían de utilidad para investigaciones futuras, como son lexicones o tesauros, y por supuesto la aportación dentro del área de humanidades con los datos obtenidos de los textos e interpretados por los expertos del área. Inicialmente la población beneficiada serían otros investigadores con temas relacionados, al poder utilizar la metodología o recursos creados, pero también público como estudiantes de ambas áreas (ciencias de la computación e historia) podrían utilizar los aportes o estudiarlos para su mejora. Aunque su principal aportación está pensada en el estudio de textos extensos y en particular de tipo histórico para futuros trabajos.

REFERENCIAS

Cieliebak M (2018). Sentiment Analysis: Distinguish Positive and Negative Documents. Spinning Bytes. Recuperado el 28 de abril de 2020. Recuperado de: https://www.spinningbytes.com/sentiment-analysis-distinguish-positive-and-negative-documents/.

Donaldson M (2011). Plutchik's Wheel of Emotions: A Guide to Understanding Emotions. Six Seconds. Recuperado el 28 de abril de 2020 desde: https://www.6seconds.org/2017/04/27/plutchiks-model-of-emotions/?fbclid=IwAR0EkNwysVNUIGmM4SfP5AeKZUJ4SDVMoKsC6TQCFC0svpawMydNmwwGRos.

ARC Centre of Excellence for the History of Emotions. (2020). Recuperado el 28 de abril de 2020. Recuperado de: http://www.historyofemotions.org.au/about-the-centre/.

Nicholson. (2019). A Beginner's Guide to Neural Networks and Deep Learning. Pathmind. Recuperado el 28 de abril de 2020 de: https://pathmind.com/wiki/neural-network.

Rabiner LR (1989). A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition. Proceedings of the IEEE, 77(2):257-286. Recuperado de: https://doi.org/10.1109/5.18626.

Stephanie Vázquez-González
María Somodevilla-García
Facultad de Ciencias de la Computación
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
stephanie.vazquezg@correo.buap.mx

© Aída Ortega. *Me acerco*, 2018.

www.elementos.buap.mx

La fotografía botánica de Aída Ortega

© **Aída Ortega.** *La pausa*, 2018 (arriba). *Reflejo*, 2018 (abajo).

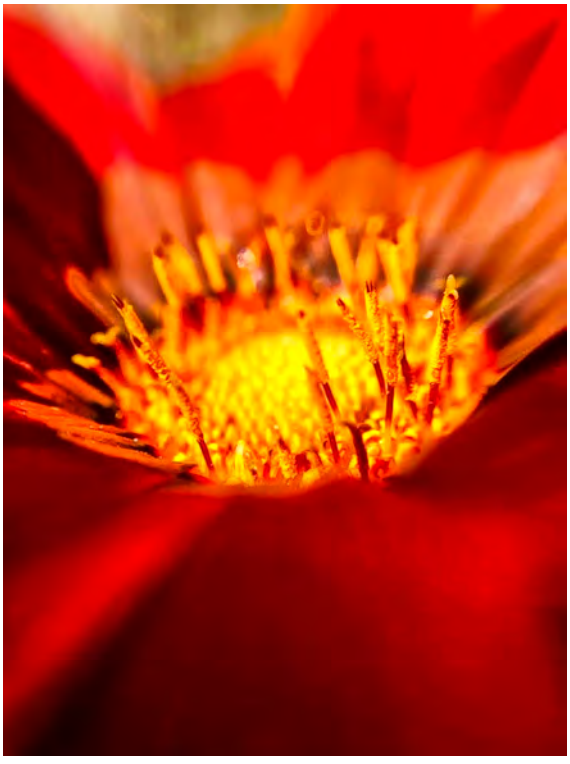
Desde que en 1826 Joseph Nicéphore Niépce logró la primera fotografía conocida, el desarrollo de esta disciplina ha estado notoriamente ligado al mundo de la biología, especialmente al de la botánica. Las plantas y sus flores se convirtieron de inmediato en las modelos favoritas de especialistas y aficionados gracias, tal vez, a que la inmovilidad vegetal era una aliada contra las limitaciones técnicas de la época, especialmente contra los largos tiempos de exposición que las cámaras de entonces exigían para entregar una imagen nítida.

Sir John Herschel (1792-1871) fue uno de los científicos más conocidos de su época. Su campo de conocimiento abarcó diversas disciplinas, aunque fueron sus trabajos en astronomía los que lo hicieron destacar. Fue también un aficionado a la fotografía que descubrió, entre otras cosas que el tiosulfito de sodio es capaz de fijar las sales de plata, permitiendo que las imágenes fotográficas sean permanentes. Es a Herschel a quien debemos los términos "fotografía", "negativo" y "positivo". Aunque no tenemos constancia de ello, es posible que todo surgiera de la necesidad de fotografiar las plantas que dibujaba su esposa, Margaret Brodie Stewart, empleando una cámara lúcida.

No obstante, fue una botánica inglesa, Anna Atkins (1799-1871) quien popularizó la cianotipia inventada por Herschel en 1842. Atkins dedicó más de diez años a la producción de un compendio de algas británicas, que publicó en forma de álbumes bajo el título *British Algae: Cyanotype Impressions*. Este fue un trabajo metódico y detallado que, sin embargo, no logró tener el reconocimiento que diez años después obtendría William Henry Fox Talbot (1800-1877) con los calotipos de su colección *The pencil of nature*.

Mención destacada, sin duda, merece Karl Blossfeldt (1865-1932), fotógrafo alemán miembro de la llamada Nueva objetividad (*Neue Sachlichkeit*), quien en 1928 publica el libro *Urformen der Kunst* (*Las formas originales del Arte*), una colección de imágenes de gran sutileza y cuidada composición, conseguidas con cámaras que él mismo fabricaba, y que resaltaban las características estructurales de las plantas. Esa es parte de la tradición de la que vienen los modernos fotógrafos de plantas. Las fotografías de Aída Ortega que presenta este número de *Elementos,* han sido producidas con medios contemporáneos, pero con idéntico espíritu de indagación y la misma apasionada búsqueda de la belleza natural que hay en las plantas y sus flores. Un trabajo detallado y paciente que conforma ya una obra de indudable valor estético.

Irene Sepúlveda



© Aída Ortega. *Burkan*, 2021.

© Aída Ortega. *Sagaris*, 2016.

www.elementos.buap.mx

Sistemas Tutores Inteligentes: ¿apoyo para lectura de comprensión?

Adelina **Escobar-Acevedo**
Josefina **Guerrero-García**

Los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) son programas computacionales que han existido desde hace años, sobre todo en los llamados "dominios bien definidos" como las matemáticas. Sin embargo, para apoyar la lectura y escritura representan un desafío. La lectura es una actividad catalogada como aburrida por muchos jóvenes. Iniciamos entre los 5 y 7 años de edad y aún no sabemos si lo hacemos correctamente, ya que requiere concentración y esto la hace dependiente de nuestro estado emocional. Para leer y disfrutar la lectura, las presiones externas deben desaparecer, influye el espacio físico elegido, la música o ruido de fondo, el horario y, sobre todo, la razón por la que se hace. Leemos principalmente por cuatro razones:

1. Para extraer información; por ejemplo, identificar la fecha y hora de nuestro viaje en un comprobante de transporte.
2. Para identificar rápidamente la idea principal, por ejemplo, en un reportaje periodístico leemos el título y algunas líneas para darnos idea de qué ocurrió.
3. Para disfrutar de una historia, como en una novela; esto es lectura extensiva.
4. Para aprender, cuando el interés es entender claramente el contenido, por ejemplo al estudiar; esta es una lectura intensa en la que probablemente releemos el texto cuantas veces sea necesario para comprender el mensaje, analizarlo, reflexionarlo y hasta criticarlo.

Figura 1. Ejemplos de técnicas utilizadas en el aula para identificar comprensión lectora.

Durante los estudios universitarios nos exponemos a todos estos tipos de lectura. Varios cursos nos solicitarán leer, comprender y, muchas veces, escribir sobre un tema. Por esto es importante tomar algunas recomendaciones para que la lectura sea provechosa, preparar un espacio físico adecuado y tiempo para asegurar que se ha comprendido bien el mensaje del autor.

Algunas estrategias como buscar palabras en un diccionario, hacer un resumen e incluso dibujar mapas o esquemas del texto, ayudan a incrementar la comprensión lectora. Es importante practicar con frecuencia y evitar caminos cortos solo para cumplir con las tareas.

La lectura es una relación de dos, por un lado se encuentra el lector y por otro el texto. No es lo mismo leer un cuento que un artículo científico; cada escrito tiene diferente nivel de complejidad y si no se está concentrado, es común experimentar el haber "terminado la lectura" solo para descubrir que se necesita leer otra vez porque no hay recuerdo o comprensión de lo leído. Si leemos material que no es de nuestro dominio, por ejemplo, un artículo científico, se requieren varias repeticiones de la lectura para poder entenderlo.

Al enfrentar un texto complejo probablemente necesitemos ayuda externa, por ejemplo, de un diccionario para palabras desconocidas o buscar conceptos en otras fuentes. Lo mismo ocurre con textos escritos en otros idiomas.

Una prueba aplicada a 911 alumnos de nuevo ingreso en una universidad mexicana arrojó carencias en comprensión lectora, redacción, argumentación e incluso caligrafía (De la Peza y cols., 2014). En dicha prueba, los investigadores concluyeron que solo el 11 % de los alumnos poseían las habilidades necesarias para cursar estudios de nivel superior, poniendo al 89 % del alumnado en desventaja. Afortunadamente, todas estas habilidades se pueden y se deben desarrollar.

¿CÓMO SE MIDE LA COMPRENSIÓN LECTORA?

Existen exámenes estandarizados que consisten en presentar un texto desconocido para el estudiante y hacer preguntas para determinar si es capaz de identificar información relevante, hacer inferencias, llegar a conceptos generales y otras habilidades. En la sección de competencia lectora de la prueba PISA (OCDE, 2018) se identifican seis niveles de lectura y se aplica cada tres años a estudiantes de 15 años en los países integrados a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, incluyendo México. En un segundo idioma, los exámenes estandarizados como el TOEFL para idioma inglés también incluyen una sección de comprensión lectora. Si no se requiere una evaluación formal, el profesor en el aula puede hacer una buena predicción de la comprensión del alumno mediante algunas técnicas, entre ellas: discurso libre, preguntas de sondeo, cuestionarios, oraciones verdadero/falso, preguntas de opción

múltiple (Delgado Mayoral, 2016). En la Figura 1 se muestran ejemplos de técnicas catalogadas por la intervención del alumno. En un entorno monolingüe la elección podría considerarse trivial, sin embargo, imagine que se está trabajando un texto en un segundo idioma, ¿es deseable solicitar producción oral o escrita de parte del alumno? Dichas actividades también tienen un grado de complejidad. Entonces, aun si el alumno comprendió el texto o una parte, si no cuenta con fluidez en la producción solicitada, su respuesta interfiere con el objetivo principal de determinar su comprensión lectora; por ello se debe tener precaución al elegir la forma de evaluación.

¿EXISTEN LOS TUTORES DE LECTURA?

Cuando los docentes piden a los alumnos leer un texto para luego hacer discusiones, están realizando actividades de un tutor. El objetivo es apoyar antes, durante y después de la lectura para asegurar que el texto fue bien comprendido. Esto es más transparente en las clases de idiomas. Antes de proveer el material, el tutor hace algunas preguntas para que todos estén en el mismo contexto. Al iniciar, el tutor pide atención en el título, subtítulos, imágenes y otros elementos. Durante la lectura resuelve dudas sobre palabras desconocidas, da ejemplos e incluso traduce algunas oraciones que no se han comprendido. Terminando de leer, el tutor hará preguntas dirigidas a descubrir el entendimiento en partes claves del texto, en caso de errores proporcionará retroalimentación indicando no solo el error, sino el tipo de error y la corrección. Finalmente, en la discusión, si el alumno es capaz de organizar las ideas y transmitirlas en correspondencia con el texto, se asume que se ha comprendido.

Un docente, en el rol de tutor, debe poseer conocimientos del tema, de estrategias pedagógicas, ser hábil en generar preguntas de sondeo y además ser empático, lo que significa que tiene la capacidad de "ponerse en tu lugar" y reaccionar acorde. ¿Puede un sistema computacional lograr apoyar con todas estas actividades?

SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES (STI)

El objetivo de un STI es que el alumno aprenda sin un maestro humano, únicamente apoyado por el sistema para alcanzar metas concretas y correctas (Molina Hurtatiz y cols., 2015). El desarrollo de un sistema tutor involucra expertos de las áreas de Ciencias de la Educación, Ciencias de la Computación y expertos en los temas a enseñar. En un inicio los sistemas eran completamente lineales, lo que significa que el alumno debía seguir los temas en secuencia. Las dificultades de programación y escasa o nula capacidad de cambios los volvieron impopulares entre los docentes y alumnos. Actualmente se trabaja en sistemas adaptativos que tienen la intención de acoplarse al estudiante para recomendar trayectorias adecuadas a sus conocimientos e intereses. Esta inteligencia, imitada del docente humano, representa un reto computacional vigente (Graf y cols., 2012).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS STI

Un tutor humano es una persona preparada que buscará las estrategias necesarias para transmitir el mensaje. El tutor suele tener la habilidad de identificar el contexto de los alumnos y aplicar una variedad vasta de ejercicios y ejemplos. Particularmente en la lectura, la instrucción grupal suele ser una desventaja. La selección del material no está dirigida al interés del alumno como individuo sino a una ponderación de los intereses del grupo o del plan de estudios como puede observarse en la Figura 2, fases del proceso instruccional general. Si bien en un grupo se favorece la discusión, también puede mermar la motivación del alumno para realizar participaciones individuales. La principal desventaja es que se tiene acceso a un tutor humano solamente en ciertos horarios y limitado a la duración de la sesión.

Un STI no tiene problemas de horario ni límite de tiempo, estos dos parámetros los define el alumno. Dado que es un sistema computacional,

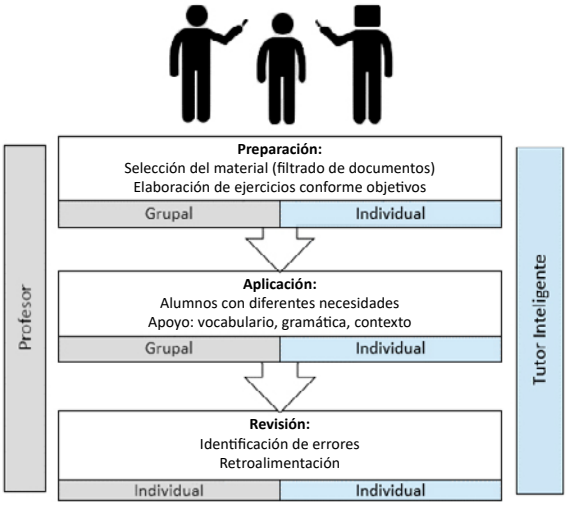


Figura 2. Fases del proceso instruccional general.

el tutor inteligente es infinitamente paciente, por lo que se pueden realizar los ejercicios una y otra vez favoreciendo el avance al ritmo del usuario. Un STI desvanece la presión social y, finalmente, proporcionan una evaluación objetiva (Witt, 1999). Las principales desventajas radican en la incapacidad de los sistemas computacionales de emular el comportamiento humano; por ejemplo, todavía no se consideran empáticos.

Además, son creados para un dominio en específico, proveen ejercicios para los que fueron programados, usualmente con una única estrategia pedagógica.

¿POR QUÉ DESARROLLAR STI?

Las computadoras han demostrado utilidad; la capacidad de las computadoras para realizar cálculos a gran velocidad es quizás la principal ventaja sobre un humano. Como nunca se cansan, pueden realizar tareas repetitivas con baja o nula tasa de error. Cada vez son más rápidas, más económicas y gradualmente nos permiten una vida más cómoda. Por su velocidad en cálculos, la mayoría de los tutores inteligentes se encuentran en áreas de ciencias exactas como matemáticas, computación y física. Incluso, dado que nos ayudan a evitar situaciones potencialmente peligrosas para los seres humanos, hay desarrollos en entornos militares y médicos, ya que es prioritario proporcionar práctica a los aprendices sin poner en riesgo vidas humanas. Considérese, por ejemplo, un simulador de vuelo que entrena a un piloto, o un sistema que permita operar a un paciente virtual.

En el campo de los STI, las matemáticas y afines son conocidas como dominios bien definidos, con una respuesta correcta única. La lectura y escritura se conocen como dominios mal definidos ya que incluso para una oración existen varias opciones correctas, por ello son desafiantes (Jacovina y McNamara, 2016). Quien haya interactuado con una computadora, evocará fácilmente que la comunicación con la máquina no es trivial. Las computadoras no entienden lenguajes humanos. Entonces, ¿cómo hacer un tutor inteligente orientado a la lectura si la computadora no entiende el lenguaje humano? Para explicar esto, hagamos una breve referencia a "la habitación china y la inteligencia artificial". La computadora no necesita entender para ser útil, basta con que haga lo indicado.

El área de Procesamiento de Lenguaje Natural es una rama de la Inteligencia Artificial que se encarga de realizar tareas como la clasificación automática de textos, la elaboración de resúmenes, la recuperación de información, entre otras. Estas tareas son efectuadas normalmente por humanos, pero requieren mucho tiempo. La motivación surge de la necesidad de realizar estas tareas con miles y a veces millones de documentos. Considere, por ejemplo, que deseamos hacer un resumen de cada libro de la biblioteca local, o que queremos saber cuántos periódicos impresos de México mencionaron cierta noticia, probablemente tardaríamos semanas e incluso años en buscar, leer y registrar esa información.

Sin embargo, es posible encomendar dichas tareas a una computadora y aprovechar su velocidad. Usando técnicas de procesamiento de lenguaje natural se han desarrollado algunos tutores inteligentes para la lectura. Aquí mencionamos dos ejemplos; en la Tabla 1 se aprecia una comparativa de ambos.

Nombre del STI	Idioma	Público objetivo	Tipo de material	Estrategia pedagógica	Inteligencia artificial
AutoTutor	Inglés	Adultos con bajo nivel de lectura y escritura	Adultos con bajo nivel de lectura y escritura	Conversacional basada en comportamiento de tutores humanos	Dos agentes virtuales conversacionales
ISTART	Inglés	Jóvenes de preparatoria y primer año universitario	Textos de contenido (ciencias, historia entre otros)	Autoexplicación	Asignación automática de puntaje al texto producido por el alumno

Tabla 1. Comparación STI para lectura de comprensión.

SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES PARA LECTURA

AutoTutor es un STI desarrollado por investigadores de la Universidad de Memphis, en Estados Unidos. Una de sus variantes se ha utilizado durante años en un centro de enseñanza para adultos CSAL (Center for the Study of Adult Literacy). Los alumnos desean entender el inglés escrito y provienen de una amplia variedad de contextos socioeconómicos, grupos de edad y orígenes étnicos. El sistema fue desarrollado para que el adulto no requiera muchas habilidades computacionales. El tutor inteligente es aceptado porque se puede acceder desde cualquier conexión a internet en los horarios que más favorezcan a los alumnos. Alrededor del 70 % de los adultos terminan todas las lecciones.

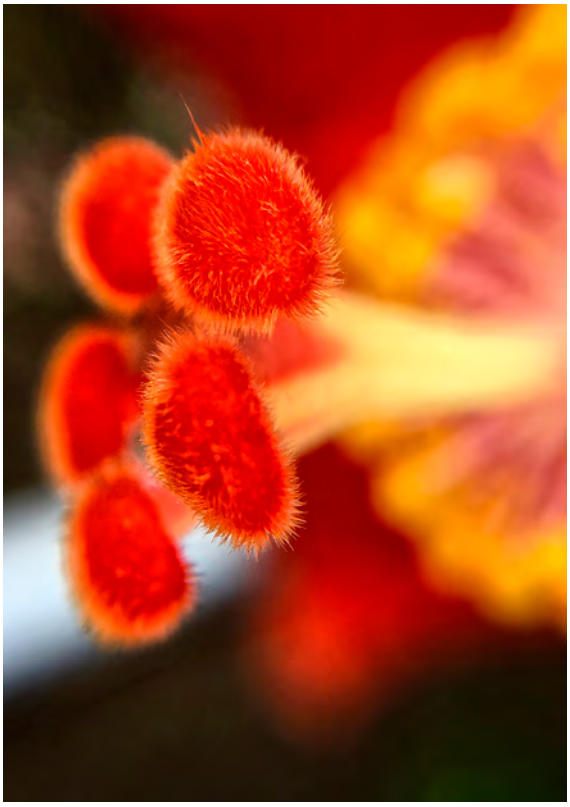
¿Dónde está la inteligencia artificial? Una profesora y un estudiante virtuales acompañan a los alumnos durante su recorrido, se puede establecer una breve conversación con los personajes e incluso participar en algunos juegos como Jeopardy (Graesser, 2016). ¿Por qué funciona? El tutor inteligente está basado en principios de interacción entre la computadora y el usuario que dan flexibilidad al usuario permitiendo controlar gran parte de sus actividades; los agentes conversacionales son un medio de comunicación que genera un acompañamiento en el estudiante.

iSTART es un STI dirigido a jóvenes de preparatoria y primer año universitario para enseñar estrategias lectoras. Después de las lecciones, presenta textos científicos y pide al alumno que escriba un pequeño texto de auto explicación. ¿Dónde está la Inteligencia Artificial? En el análisis de los textos que producen los estudiantes: mediante algunas métricas, el sistema determina automáticamente la calificación de la autoexplicación. Versiones más recientes incluyen actividades "gamificadas" que permiten al alumno ganar puntos y ser competitivo. ¿Por qué funciona? Escribir es una actividad productiva, es decir, se requiere haber interiorizado conceptos y organizado ideas para producir unas líneas. La autoexplicación, por su parte, es considerada una estrategia metacognitiva, lo que implica que al realizarla se es consciente de su propio entendimiento. Se le pidió a un grupo de estudiantes que desarrollaran textos como autoexplicaciones y textos para explicar a un compañero sobre una lectura previa; el resultado fue que sí hay diferencias entre los escritos generados. Si bien las autoexplicaciones son menos cohesivas, también parecen generar más conexiones entre conceptos, lo que favorece la comprensión (Allen y cols., 2019).

CONCLUSIONES

Los STI han demostrado ser efectivos en diversas aplicaciones de los procesos de enseñanza, mas su construcción implica un complejo e intenso trabajo de inteligencia artificial. Los STI aún no disponen de un estilo de enseñanza lo suficientemente adaptable a las necesidades de los usuarios en relación con los conocimientos previos y la capacidad de evolución de cada estudiante.

Si bien las tecnologías en el aula han existido desde hace décadas, su adopción se ha tomado



© Aída Ortega. *Ganímedes*, 2017.

© Aída Ortega. *Carnaval*, 2017.

con recelo y es hasta ahora que tenemos un evento extraordinario, la pandemia del COVID-19, que se ha dado importancia a la investigación en tecnologías educativas. Falta mucho para que los tutores artificiales puedan sustituir a un maestro humano, sin embargo, son excelentes recursos que permiten al alumno un acompañamiento sin el maestro. El reto es contar con un STI que se adapte a las preferencias del estudiante para obtener mejores resultados en su educación.

REFERENCIAS

Allen LK, Perret C, Mills C and McNamara DS (2019). Are you talking to me? Multi-dimensional language analysis of explanations during reading. *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge* (LAK19). Association for Computing Machinery, 116-120. https://doi.org/10.1145/3303772.3303835.

De la Peza M del C, Rodríguez Torres LR, Lliria HU y Rubio R (2014). Evaluación de competencias de lectoescritura en alumnos de primer ingreso a la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. *Argumentos* 27(74):119-153.

Delgado Mayoral BR (2016). Evaluación e instrucción de la comprensión de textos para el aprendizaje del inglés como segunda lengua. Tesis Doctoral. Universidad de León.

Graesser AC (2016). Conversations with AutoTutor Help Students Learn. *Internacional Journal of Artificial Intelligence in Education*. 26:124-132. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0086-4.

Graf S, Lin F, Kinshuk and McGreal R (2012). *Intelligent and Adaptative Learning Systems: Technology Enhanced Support for Learners and Teachers*. IGI Global.

Jacovina ME and McNamara DS (2016). Intelligent tutoring systems for literacy: Existing technologies and continuing challenges. *Intelligent Tutoring Systems: Structure, Applications and Challenges* (Issue January 2016, pp. 153-174).

OCDE (2018). *Marco teórico de lectura PISA 2018*.

Molina Hurtatiz YE, Pascuas Rengifo Y y Millán Rojas EE (2015). Sistemas Tutores Inteligentes como apoyo en el proceso de aprendizaje. *Redes de Ingeniería* 6(1):25-44.

Witt S (1999). Use of Speech Recognition in Computer-assisted Language Learning Tesis doctoral. Universidad de Cambridge.

Adelina Escobar-Acevedo
Josefina Guerrero-García
Facultad de Ciencias de la Computación
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
adelina.escobar@alumno.buap.mx

La hipertensión pulmonar: una complicación de la diabetes mellitus

Miguel **García-González**
Verónica **Vallejo-Ruíz**
Gustavo **López-López**

La diabetes mellitus (DM) ocupa los primeros lugares de morbilidad y mortalidad en nuestro país, por lo tanto es considerada un problema de salud pública. Los pacientes con DM que no controlan la hiperglucemia tienen un mayor riesgo de desarrollar complicaciones cardiovasculares, como la cardiopatía y el accidente cerebral vascular. En la última década se han publicado estudios que indican que la hipertensión pulmonar (HP) puede incluirse en la lista de complicaciones de la DM. Por esta razón es importante que se estudien las bases fisiopatológicas que presenta la comorbilidad DM-hipertensión pulmonar (DM-HP), y de esta forma aportar información para la mejora de las estrategias terapéuticas. En el presente trabajo proporcionamos información reciente de estudios con pacientes que padecen la comorbilidad DM-HP y de reportes sobre el avance en la propuesta del mecanismo fisiopatológico que vincula la DM con la HP.

DIABETES MELLITUS COMO UNA EPIDEMIA SIN RESOLVER EN MÉXICO

La DM es una enfermedad que se presenta por la incapacidad de las células beta pancreáticas para producir insulina, o por la baja capacidad de reconocimiento de

dicha hormona por parte de las células diana. Independientemente del mecanismo de la enfermedad, se reduce el ingreso celular de glucosa, resultando en hiperglucemia crónica. La DM tipo 1 se caracteriza por la absoluta deficiencia en la producción de insulina causada por la activación de una respuesta autoinmune mediada por células de tipo T que conducen a la destrucción de las células beta pancreáticas. La DM tipo 2 es una enfermedad metabólica compleja que se origina en la resistencia celular a la insulina y un deterioro celular progresivo.

La DM es una de las mayores emergencias mundiales de salud del siglo XXI, debido a que actualmente hay más de 463 millones de diabéticos en el mundo y se estima que para el año 2045 habrá más de 700 millones. Nuestro país ocupa el sexto lugar mundial en prevalencia de adultos diabéticos con 12.8 millones y el décimo lugar en DM infantil con 14,800 (FID, 2019). En 2016 se reportó que el 9.4 % de los adultos (10.3 % de las mujeres y 8.4 % de los hombres) fueron diagnosticados con DM (ENSANUT MC, 2016). La mayor prevalencia de DM se reportó en los hombres de 60 a 69 años de edad y en las mujeres con 60 o más años de edad. Otro dato importante es que la mayoría de los pacientes diabéticos de 60 a 79 años de edad viven en comunidades urbanas.

LAS ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES SON LAS PRINCIPALES COMPLICACIONES DE LA DIABETES MELLITUS

La DM es una de las principales causas de macroangiopatías y microangiopatías, que causan ceguera, enfermedad renal, amputación de las extremidades inferiores y enfermedad cerebrovascular. Además, la DM no tratada adecuadamente puede aumentar el riesgo de cardiopatía coronaria, hipertensión arterial sistémica e insuficiencia cardiaca. Los estadios tempranos de la miocardiopatía diabética se caracterizan por las anormalidades en la señalización celular, la hipertrofia ventricular izquierda y la fibrosis, que a su vez dan lugar a una disfunción sistólica, falla cardiaca y disminución de la fracción de eyección (Jia y cols., 2018).

LA HIPERTENSIÓN PULMONAR COMO COMPLICACIÓN CARDIOVASCULAR DE LA DIABETES MELLITUS

La HP es una enfermedad incurable y fulminante, que se caracteriza por el aumento de la presión sanguínea de la arteria pulmonar (≥ 25 mm de Hg). La incidencia de esta enfermedad en lo general es baja y muy variable dependiendo del país (4.5 a 97 casos por millón de habitantes), con mayor predominancia en mujeres. En México hay pocos estudios epidemiológicos sobre la HP. El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), en su *Guía de práctica clínica (GPC) para el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial pulmonar primaria en el adulto*, menciona una prevalencia de 2.4 casos por millón de habitantes. Por otra parte, en un estudio ecocardiográfico con 4,579 pacientes ambulatorios, se describe una prevalencia del 10.4 % (GPC, 2010). Recientemente, en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez se creó el registro prospectivo y multicéntrico de HP, donde se espera que en un periodo de cinco años se tendrá la identificación del perfil clínico, el tipo de atención médica idónea, las tendencias terapéuticas y demás información de los pacientes

Tabla 1. Medicamentos para el tratamiento de la hipertensión arterial pulmonar (Modificada de la GPC, 2010).

Fármaco	Mecanismo de acción farmacológico
Ambrisestan	Antagonista selectivo del receptor tipo A de endotelina.
Bosentán	Antagonista de receptores de endotelina
Bosentán	Inhibidor selectivo de la fosfodiesterasa tipo 5
Nifedipino	Inhibidor de canales de calcio muscular liso y cardiaco
Amlodipino	Inhibidor de canales de calcio muscular liso y cardiaco
Warfarina	Anticoagulante
Sulfato ferroso	Facilita el transporte de oxígeno

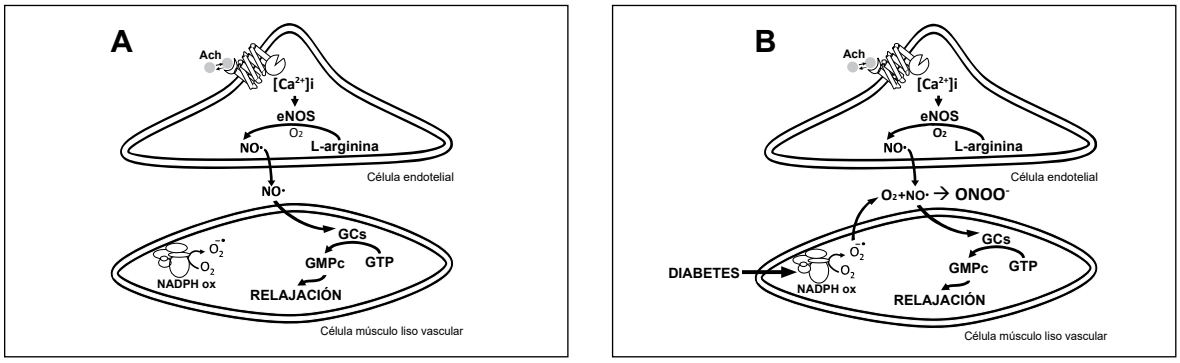


Figura 1. Mecanismo de la disfunción endotelial durante la hipertensión pulmonar y diabetes. En (A) se muestra el mecanismo por el cual se genera vasodilatación dependiente del endotelio vascular en condiciones no diabéticas. En (B) la diabetes aumenta el superóxido (O_2^-) que reacciona con el NO y disminuye la capacidad relajante de las células de músculo liso vasculares pulmonares.

mexicanos (adultos y pediátricos) con HP. Actualmente, en nuestro país, la GPC recomienda el uso de medicamentos vasodilatadores con diferentes mecanismos farmacológicos para tratamiento de la HP (Tabla 1). Desafortunadamente, en México no hay información epidemiológica de la comorbilidad DM-HP. Por lo tanto, no hay propuestas consensuadas sobre el tratamiento farmacológico que tomen en cuenta la comorbilidad de ambos mecanismos fisiopatológicos. Sin embargo, recientemente se ha descrito que la HP debida a otras enfermedades crónicas que afectan al corazón y los pulmones (como podría ser la DM), refleja una epidemiología similar a la enfermedad asociada (Oldroyd y Bhardwaj, 2020).

Ya hemos comentado que una complicación de la DM es el desarrollo de una disfunción ventricular izquierda; pero se ha encontrado que algunos pacientes diabéticos cursan con disfunción diastólica del ventrículo derecho caracterizada por el incremento del tiempo de relajación isovolumétrica. Se ha descrito también que los cambios adaptativos que ocurren en el ventrículo derecho (VD) se producen por varios eventos, como cambios en la resistencia vascular pulmonar, aumento en la tensión de la pared vascular y el consecuente aumento de la poscarga ventricular derecha. La sobrecarga ventricular conduce a falla mitocondrial de los fibroblastos que en conjunto con la sobreproducción de colágeno tipo III probablemente son la principal determinante de la fibrosis del VD que se produce en la hipertrofia de esta cámara cardiaca (Tian y cols., 2018). Al mismo tiempo, la presencia del radical superóxido disminuye la capacidad del óxido nítrico (NO) para activar la enzima guanilato ciclasa soluble y generar guanosín monofosfato cíclico (GMPc); de esta forma, este proceso actúa como un modulador positivo de la fibrosis y la hipertrofia cardiaca. Los mecanismos involucrados incluyen rarefacción capilar y aumento concomitante de la actividad metabólica para tratar de mantener la producción de energía. Finalmente, el VD remodelado no puede resistir el aumento de la poscarga, lo que lleva a insuficiencia ventricular derecha. Esta serie de cambios en los cardiomiocitos aumentan la rigidez del VD. Por lo tanto, el aumento de las dimensiones del VD y la fracción de eyección disminuida se asocian con una disminución de la supervivencia en la HP grave.

Actualmente se acepta que la DM es un factor de riesgo para el desarrollo de HP. Los desórdenes metabólicos generados por la hiperglucemia sostenida están caracterizados por pérdida de funciones moleculares en las células endoteliales como la disminución de la producción e inactivación del NO. Estas son generadas por el aumento de la liberación de especies reactivas de oxígeno, secundarias al aumento de la expresión de sus enzimas productoras, incluida la nicotinamida adenina dinucleótido fosfato oxidasa (NADPH), las ciclooxigenasas (COX) y la xantina oxidasa (XO) (Takeda y cols., 2020). El aumento del estatus oxidativo, acompañado de

inflamación local, la obliteración arteriopulmonar con lesiones plexiformes asociadas con intensa vasoconstricción, la proliferación anormal de las células del músculo liso vascular (CMLV) y la formación aberrante de la trombosis intravascular, conducen al colapso circulatorio. Otro conjunto de evidencias describe que desórdenes metabólicos como la resistencia a la insulina provocan la disrupción del receptor tipo 2 de la proteína morfogenética de hueso (BMPRII) que es responsable de un número considerable de HP hereditaria, ya que esta mutación modifica la vía de señalización intracelular que conduce a la proliferación de las células músculo liso vasculares (CMLV). Debido a estos procesos es que se ha descrito que la DM podría incrementar hasta en más del doble la probabilidad para el desarrollo de HP (Movahed y cols., 2005).

BUSCANDO EL MECANISMO FISIOPATOLÓGICO DE LA HIPERTENSIÓN PULMONAR SECUNDARIA A DIABETES MELLITUS

Los cambios de la pared vascular durante la DM han sido descritos ampliamente e incluyen a la disfunción endotelial de los vasos que controlan la resistencia periférica. El daño en las células endoteliales vasculares provoca una reducción de su capacidad vasodilatadora y el aumento de la capacidad vasoconstrictora de la endotelina-1 y de la angiotensina II. Al mismo tiempo, la hiperglucemia activa a la proteína cinasa C (PKC) y reduce la actividad de la enzima óxido nítrico sintasa endotelial (eNOS), dando lugar a la reducción de la producción de NO (principal vasodilatador endotelial). Otra consecuencia de la hiperglucemia crónica es el incremento del estrés oxidativo. La sobreproducción de radicales superóxido por parte de la enzima NADPH oxidasa, reduce la biodisponibilidad del NO y, por lo tanto, una baja capacidad vasodilatadora por parte del endotelio. Por estas razones, se ha propuesto que la hipertensión arterial sistémica y el daño del ventrículo izquierdo son consecuencia de la disfunción endotelial de los vasos sanguíneos.

Cambio en la:	Efecto
Relajación a acetilcolina	Disminución
Relajación a un donador de óxido nítrico (NTS)	Sin cambio
Contracción a 5-HT	Aumento
Expresión de la óxido nítrico sintasa	Sin cambio
Expresión de la superóxido dismutasa (SOD-1)	Aumento
Expresión de la NADPH oxidasa (proteína $P47^{PHOX}$)	Aumento
Expresión de la COX-2	Aumento
Concentración de radicales superóxido	Aumento

Tabla 2. Cambios vasculares pulmonares en ratas diabéticas (Recopilada de López-López y cols., 2001, 2008 y 2011).

Por otra parte, los mecanismos fisiopatológicos durante la HP están relacionados con el aumento de las acciones de la endotelina-1, el tromboxano A2, la serotonina, el factor de crecimiento vascular y el factor de crecimiento de fibroblastos. Estas sustancias dan lugar a la fibrogénesis, la remodelación vascular y la vasoconstricción de los vasos arteriales pulmonares. También se ha propuesto que la biodisponibilidad del NO está reducida debido al incremento de la actividad de la NADPH oxidasa de la capa adventicia de la pared vascular. Además, se ha descrito que la inflamación mediada por fibroblastos, monocitos, células dendríticas, linfocitos T y B se suma al mecanismo fisiopatológico de la HP (Wilkins, 2012).

La descripción del mecanismo fisiopatológico de la HP durante la DM aún está en estudio. Se han desarrollado modelos animales para observar los cambios en el tejido pulmonar durante la DM, donde se ha encontrado que las ratas Sprague-Dawley diabéticas tipo 1 desarrollan HP e hipertrofia ventricular derecha y que las ratas Wistar-Kyoto con DM tipo 1 presentan aumento de presión pulmonar (en presencia de hipoxia moderada) y remodelación del ventrículo derecho (Moral-Sanz y cols., 2012). En las ratas diabéticas con HP, se encontró que las arterias pulmonares presentaron un aumento en el estrés oxidativo y la consecuente disfunción endotelial. Además, se encontró que el incremento

en la expresión de la ciclooxigenasa tipo 2 (COX-2) y/o de la NADPH oxidasa correspondía con el incremento de los radicales superóxido. Con estos resultados se propuso que el aumento del estrés oxidativo es el mecanismo celular de la disfunción endotelial y, por lo tanto, del desarrollo de HP y la consecuente remodelación ventricular derecha (López-López y cols., 2008).

Estos hallazgos (Tabla 2) implican un avance en la descripción del mecanismo fisiopatológico, pero es necesario continuar con las investigaciones para completar la descripción de los procesos que ocurren en la génesis de la HP diabética. El descubrimiento de este mecanismo dará una oportunidad para encontrar nuevas estrategias farmacoterapéuticas para el tratamiento de la HP en comorbilidad con la DM.

REFERENCIAS

Guía de Práctica Clínica GPC (2010). *Diagnóstico y Tratamiento de la Hipertensión arterial Pulmonar Primaria en el Adulto.* México: Secretaría de Salud.

Instituto Nacional de Salud Pública (2016). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016* (ENSANUT MC 2016).

Internacional Diabetes Federation (2019). *Atlas de Diabetes de la FID*. Novena edición Brucelas Bélgica.

Jia G, Hill MA and Sowers JR (2018). Diabetic Cardiomyopathy. An Update of Mechanisms Contributing to This Clinical Entity. *Circulation Research* 122:624-638.

López-López JG, Moral J, Frazziano G, Gómez MJ, Flores J, Monjaraz E, Cogolludo A and Pérez-Vizcaino F (2008). Diabetes induces pulmonary artery endothelial dysfunction by NADPH oxidase induction. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology* 295:L727-L732.

López-López JG, Perez-Vizcaino F, Cogolludo A, Ibarra M, Zaragoza-Arnaez F and Tamargo J (2001). Nitric oxide-and nitric oxide donors- induced relaxation and its modulation by oxidative stress in piglet pulmonary arteries. *British Journal of Pharmacology* 133:615-624.

López-López JG, Moral-Sanz J, Frazziano G, Gomez-Villalobos MJ, Moreno L, Menendez C, Flores-Hernandez J, Lorente JA, Cogolludo A and Perez-Vizcaino F (2011). Type 1 Diabetes-Induced Hyper-Responsiveness to 5-Hydroxytryptamine in Rat Pulmonary Arteries via Oxidative Stress and Induction of Cyclooxygenase-2. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 359:123-145.

Oldroyd SH and Bhardwaj A (2020). Pulmonary Hypertension. I*n: StatPearls. Treasure Island (FL):* StatPearls Publishing.

Takeda Y, Matoba K, Sekiguchi K, Nagai Y, Yokota T, Utsunomiya K and Nishimura R (2020). Endothelial Dysfunction in Diabetes. *Biomedicins* 8:182.

Tian L, Potus F, Wu D, Dasgupta A, Chen KH, Mewburn J, Lima P and Archer SL (2018). Increased Drp1-Mediated Mitochondrial Fission Promotes Proliferation and Collagen Production by Right Ventricular Fibroblasts in Experimental Pulmonary Arterial Hypertension. *Frontiers in Physiology* 10:9:828.

Wilkins MR (2012). Pulmonary hypertension: the science behind the disease spectrum. *European Respiratory Journal* 21:19-26.

GLOSARIO

Disfunción diastólica: Disminución de la capacidad de relajación del corazón.

Disfunción sistólica: Disminución de la capacidad contráctil del corazón.

Falla mitocondrial de los fibroblastos: Cuando falla la mitocondria de estas células, tienen deficiencia de energía, provocando daño celular y como respuesta una sobre producción de colágeno que favorece la fibrosis ventricular.

Fibroblasto: Tipo más común de célula que se encuentran en el tejido conectivo. Segregan proteínas de colágeno que se utilizan para mantener un marco estructural para muchos tejidos.

Fibrosis: Formación patológica de tejido fibroso (principalmente colágeno y matriz extracelular).

Fracción de eyección: Porcentaje de sangre expulsada de un ventrículo con cada latido, se obtiene por ecocardiografía y es considerada la prueba ideal para evaluar la función del corazón.

Hipertrofia ventricular: Aumento de la masa muscular del ventrículo en respuesta a estímulos mecánicos (presión anormal o cargas de volumen sostenidas).

Obliteración arteriopulmonar: Oclusión de la arteria pulmonar.

Poscarga ventricular: Presión que se debe ejercer para vencer la resistencia que se opone a la eyección de la sangre durante la contracción cardiaca.

Rarefacción capilar: Disminución en la densidad de las arteriolas por cantidad de masa muscular. Los capilares se alejan entre ellos y disminuye la irrigación sanguínea.

Relajación isovolumétrica: Primera etapa de la relajación cardiaca. Aquí se aumenta la presión ventricular sin vaciamiento del mismo, manteniendo el volumen.

Resistencia vascular pulmonar: Grado de oposición al flujo sanguíneo por parte de la vasculatura pulmonar.

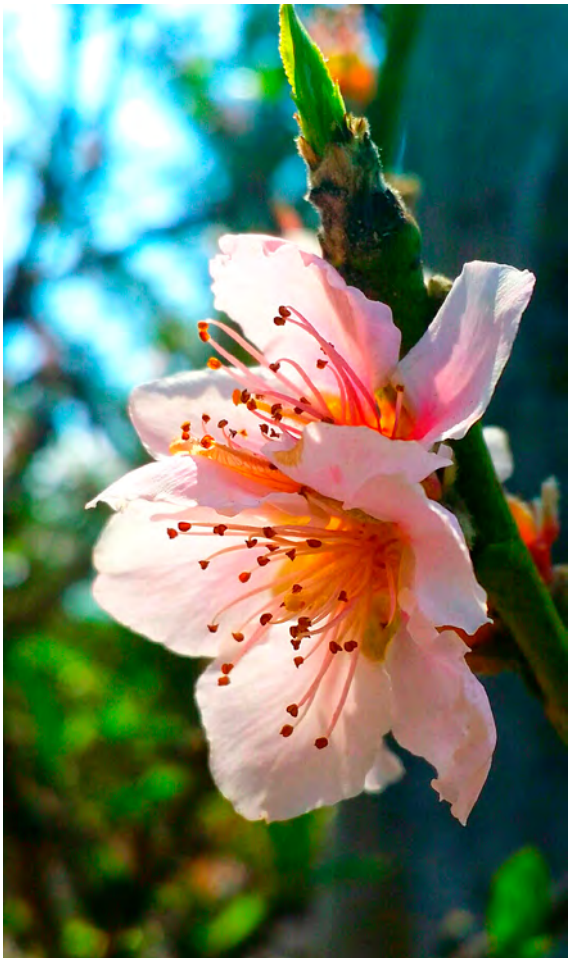
Sobrecarga ventricular: Condición patológica dada por el aumento de presión y volumen en el ventrículo que conduce al desarrollo de hipertrofia y fibrosis ventricular.

Miguel García-González
Posgrado en Ciencias Químicas, FCQ., BUAP

Verónica Vallejo-Ruíz
Centro de Investigación Biomédica de Oriente, IMSS

Gustavo López-López
Facultad de Ciencias Químicas, BUAP
jose.lopez@correo.buap.mx

© Aída Ortega. *¡Que ya viví!*, 2016.



© Aída Ortega. *Safíneia*, 2021.

www.elementos.buap.mx

Una gallina ciega, pero voraz

Samuel **Cruz-Esteban**
Edith **Garay-Serrano**
Julio **C. Rojas**

El complejo gallina ciega es una plaga de suelo que está compuesto por un sin número de larvas de coleópteros de la familia Melolonthidae. Entre los principales géneros integrantes de este complejo podemos mencionar a: *Phyllophaga, Anomala, Popilia* y *Cyclocephala* que se encuentran distribuidas en todo el mundo, principalmente en países de clima tropical (Morón, 2003). En México, es una plaga de importancia económica en varios estados, ya que afecta a cultivos como: maíz, sorgo, papa, trigo, tomate, arroz, frijol, frutales, agave, café, pastos, entre otros (Ramírez-Salinas y Castro-Ramírez, 2000).

Varias especies del género *Phyllophaga* (Coleópteros: Melolonthidae), también conocido como “mayate de mayo” (Figura 1 y 3), son una plaga de importancia económica en el estado de Michoacán, además de afectar los cultivos antes mencionados, en los últimos años ha estado ocasionando grandes pérdidas económicas en la agricultura de los frutos rojos o frutillas, presentando una mayor incidencia en los cultivos de fresas en sistemas orgánicos. Las larvas tienen la capacidad de destruir completamente el sistema de radicular de una planta en cuestión de días, si no se aplican medidas de control. Las plantas afectadas por la gallina ciega muestran sus raíces raquíticas, las cuales tienen dificultad para la absorción de agua y nutrientes, provocando su muerte. La magnitud del daño depende del número de larvas que

Figura 1. Larva de gallina ciega (*Phyllophaga sp*.). Fotografía: Samuel Cruz-Esteban.

Figura 2. Pupa de gallina ciega (*Phyllophaga sp*.). Fotografía: Samuel Cruz-Esteban.

ataquen las raíces. El control de esta plaga se basa, generalmente, en el uso de productos químicos, incrementando los costos de producción y el efecto observado en la disminución de poblaciones es casi nulo (Ramírez-Salinas y Castro-Ramírez, 2000). Sin embargo, en un sistema de cultivo orgánico no se puede hacer uso de insecticidas sintéticos debido al efecto residual de estos sobre las frutas y verduras; además de que es necesario disminuir el uso de estos productos, ya que están relacionados con efectos adversos a la salud y al ambiente, por lo que es necesario trabajar en la búsqueda de mejorar un sistema integrado en el manejo de esta plaga para estos sistemas de cultivo.

CICLO BIOLÓGICO DE LA PLAGA

El ciclo biológico (huevo, larva, pupa y adulto) de los insectos del género *Phyllophaga* puede completarse en un periodo de uno a dos años, dependiendo de la especie y de las condiciones climáticas (Ritcher, 1958; Morón y cols., 1997). Por ejemplo, larvas colectadas en cultivos de fresa ubicados en Erongarícuaro, Michoacán, completaron su ciclo de vida en un año. Las larvas pasan por tres estadios, pueden presentar diferentes tamaños, según la edad, por lo general miden entre 1.5 a 2.5 cm en su completo desarrollo, que es cuando causan el mayor daño; son de color blanco, cabeza café y poseen tres pares de patas; la parte superior del cuerpo es tersa y brillante, la parte inferior del cuerpo es de color oscuro (Figura 1). El ciclo larval es de aproximadamente 9-10 meses. El estado pupa es el periodo en el que una larva sufre una metamorfosis para ser un adulto (Figura 2). Esta transformación se lleva a cabo en un periodo de 30-45 días.

En el estado de Michoacán los adultos (Figura 3) aparecen después de las primeras semanas de lluvias en los últimos días del mes de mayo, y se les puede seguir viendo durante los siguientes dos meses de lluvia. La longevidad de los adultos es bastante variada, pueden vivir desde una semana hasta dos meses en laboratorio. Una vez que ovipositan, en un rango de 12-25 días emergen las larvas.

CONTROL ETOLÓGICO, BIOLÓGICO Y MECÁNICO DE LA GALLINA CIEGA

En los cultivos de fresa ubicados en Erongarícuaro, Michoacán, inmediatamente después de la primera lluvia en el mes de mayo se colocan trampas con luces y melaza diluida en agua (1:3, respectivamente) como solución de retención (Figura 4).

Figura 3. Adulto de gallina ciega (*Phyllophaga sp.*). Fotografía: Carlos Cultid-Medina.

Figura 4. Trampa de luz con melaza diluida en agua como solución de retención o de ahogamiento para atraer y capturar adultos de gallina ciega (*Phyllophaga sp.*). Fotografía: Samuel Cruz-Esteban.

Las luces pueden apagarse después del primer tercio de la noche. Este método de control etológico ha funcionado y mostrado ser eficiente en comparación a cultivos donde no se instalan trampas, ya que se capturan en promedio 80 ± 5 adultos por noche, el número de adultos va disminuyendo a través del tiempo hasta que después de dos meses ya no se capturan, debido a la fluctuación poblacional que los adultos presentan. La efectividad de este método está relacionada con el número de trampas que se coloquen en el perímetro del cultivo. Con base a los resultados previos observados, se recomienda colocar el mayor número de trampas que sea posible en el perímetro del cultivo, siempre y cuando se trate de terrenos previamente labrados y tratados mecánicamente; cuando no es el caso, se recomienda colocar trampas dentro de los cultivos. Teóricamente, el número de larvas en los cultivos disminuirá significativamente entre más adultos se capturen con las trampas.

Sin embargo, las trampas de luz no son específicas, lo que conlleva el riesgo de que insectos benéficos sean capturados, por lo que se necesita seguir trabajando en la optimización de este sistema, particularmente que sea rentable económicamente y que sea efectivo y específico en la atracción y captura de los escarabajos nocivos al cultivo. También se necesitan evaluar compuestos químicos (feromonas) que puedan incrementar la atracción y ser más específicos en la captura de los insectos nocivos (Nojima y cols., 2003; Romero-López, 2012). Los compuestos feromonales pueden ser útiles para desarrollar no solo un sistema de monitoreo, sino para trampeo masivo para un posible control de las poblaciones de este escarabajo.

En el año 2019 se aplicaron bioinsecticidas a base de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* cada dos semanas para el control biológico de larvas. Esta combinación (1:1) resultó efectiva en pruebas en laboratorio y en campo. Los daños se redujeron significativamente y por fortuna las plantas que se diagnosticaron como dañadas no llegaron a pérdida total.

El uso adecuado de insecticidas biológicos es de grande importancia, en este caso, la aplicación de estos hongos entomopatógenos de forma individual fue menos efectiva que si se le aplica en mezcla, tanto en laboratorio como en campo. Así también, varias regiones del estado de Michoacán cuentan con un clima adecuado para el uso de nematodos entomopatógenos como *Heterorhabditis bacteriophora,* puede ser una efectiva estrategia de control biológico si se aplica

© Aída Ortega. *Mentiras*, 2018.

© Aída Ortega. *Solo tú*, 2019.

de forma adecuada (seguir las recomendaciones del proveedor).

Además, se recomienda un monitoreo constante de suelo principalmente en áreas donde se tiene la sospecha de presencia de estas larvas. Este monitoreo se realiza mecánicamente, consistiendo en trazar un cuadrante de 1 m^2 y escarbando en la búsqueda de larvas; en ocasiones previas ha resultado que un día antes se entierra una papa o una zanahoria para atraerlas y poder retirarlas manualmente.

En conclusión, estos métodos de control han resultado efectivos en el control de la gallina ciega, disminuyendo significativamente las poblaciones de adultos primeramente y luego larvas para disminuir los daños. Así como ha resultado en los cultivos de fresas en Erongarícuaro, Michoacán, podría ser útil en otras regiones donde esta plaga es una de sus preocupaciones y está causando daños en sus diversos sistemas agrícolas.

REFERENCIAS

Ramírez-Salinas C y Castro-Ramírez AE (2000). El complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) en el cultivo de maíz, en El Madronal, municipio de Amatenango Del Valle, Chiapas, México. *Acta zoológica Mexicana* (79):17-41.

Romero-López AA (2012). Uso de feromonas sexuales para el conocimiento y manejo de los "ensambles gallina ciega" en México. *Interciencia* 37(7).

Nojima S, Robbins PS, Salsbury GA, Morris BD, Roelofs WL and Villani MG (2003). L-leucine methyl ester: the female-produced sex pheromone of the scarab beetle, *Phyllophaga lanceolata*. *Journal of Chemical Ecology* 29(11):2439-2446.

Morón MA (2003). Diversidad, distribución e importancia de las especies de *Phyllophaga Harris* en México (Coleoptera: Melolonthidae). *Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla* (pp. 1-27), *México*.

Ritcher PO (1958). Biology of scarabaeidae. *Annual review of entomology* 3(1):311-334.

Morón MA, Ratcliffe BC y Deloya C (1997). *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamelicornia* Vol. I. Familia Melolonthidae. Rutelinae, Dynastinae, Cetoniinae, Trichiinae, Valginae y Melolonthinae. CONABIO y Soc. Mex. Entomol., Xalapa, Veracruz, México.

Edith Garay-Serrano
Samuel Cruz-Esteban
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano
Pátzcuaro, Michoacán, México
CONACYT
samuel.cruz@inecol.mx

Julio C. Rojas
Grupo de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas
Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente
El Colegio de la Frontera Sur
Tapachula-Chiapas, México

www.elementos.buap.mx

Biodiversidad y manejo forestal en la Sierra Norte de Puebla

Juan Antonio **Barrón Sevilla**

La deforestación y degradación de los ecosistemas forestales se encuentran entre las principales causas de modificación y pérdida del hábitat. Aunque la tasa de deforestación en México se ha reducido, se estima que cada año aún se pierden cerca de 500,000 hectáreas (CONAFOR, 2019; SEMARNAT, 2020) con la consecuente presión sobre la biodiversidad. Hay evidencias que sugieren que las tasas de deforestación en bosques y selvas bajo manejo forestal son menores o neutras, y que, no obstante su historial de aprovechamiento, son un importante reservorio de biodiversidad (CONAFOR 2019).

EL MANEJO FORESTAL EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Las áreas forestales destinadas a la producción maderable y no maderable se han agrupado en unidades de manejo forestal (UMAFORES), que se delimitan para realizar una planeación y ejecución ordenada de las actividades forestales. La zona de producción forestal más importante del estado de Puebla se ubica en la Sierra Norte, y corresponde a la UMAFOR 2108. Incluye de forma parcial o total los municipios de Ahuazotepec, Aquixtla, Chignahuapan, Huauchinango, Ixtacamaxtitlan, Tetela de Ocampo y Zacatlán. El tipo de vegetación bajo manejo forestal abarca un mosaico de bosques templados húmedos y subhúmedos. Aunque hay algunos remanentes de

bosques mesófilos y matorrales xerófilos, estos se encuentran sujetos a aprovechamiento restringido o forman parte de áreas de conservación (SEMARNAT, 2006; CONAFOR, 2014).

El manejo forestal se realiza a través de dos métodos: el método de manejo silvícola (MDS) y el método de ordenación de montes irregulares (MMOBI). Están diseñados para ejecutarse en condiciones ambientales distintas y por medio de la aplicación de diferentes tratamientos silvícolas. Estos implican el corte y extracción del arbolado de acuerdo con lo establecido en el programa de manejo forestal. Por debajo de la cota de 3000 msnm y en pendientes menores a 45°, se aplica el MDS. Los tratamientos silvícolas para el MDS incluyen cortas de aclareo, de regeneración y de liberación. Las cortas de aclareo se aplican para brindar un espaciamiento adecuado a los árboles, con la intención de asegurar su desarrollo para el aprovechamiento comercial. Las cortas de regeneración se ejecutan para asegurar el establecimiento de las masas forestales. Esto se fomenta por medio de la retención de árboles semilleros y su posterior extracción por medio de la corta de liberación. Para evitar los daños al arbolado provocados durante la extracción de los árboles semilleros, recientemente se ha promovido la regeneración por corta total del arbolado ("matarrasa") y posterior reforestación. El MDS se considera un método de aprovechamiento intensivo, y su ejecución genera un mosaico de masas forestales coetáneas, de estructura regular. El MMOBI se aplica por arriba de los 3000 msnm, y se ejecuta por la aplicación de cortas de selección. Se considera un tratamiento menos intensivo y genera masas forestales incoetáneas, de estructura irregular.

Un plan de manejo forestal zonifica el área que será intervenida para definir rodales, que son formaciones vegetales relativamente homogéneas en composición arbórea y estructura de edades, que pueden diferenciarse de rodales adyacentes. Los rodales, a su vez, se subdividen en áreas de corta. Cada área de corta recibe un único tratamiento silvícola durante un periodo denominado ciclo de corta. En la UMAFOR 2108, estos ciclos suelen tener una duración de 10 años. La aplicación de los tratamientos se rota a lo largo de un periodo más amplio que recibe el nombre de turno silvícola, que generalmente abarca 50 años. Esto trata de imitar, de forma parcial, el proceso de la sucesión ecológica (Jardel Pelaez y Sánchez-Velázquez, 1989). En el área de estudio, algunos bosques bajo manejo se encuentran en el tercer o cuarto ciclo de corta. Esto implica historiales de aprovechamiento de entre 30 y 40 años.

BIODIVERSIDAD EN BOSQUES BAJO MANEJO FORESTAL

La UMAFOR 2108 abarca el 7.6 % del territorio estatal, y un muy breve recuento del número de especies en algunos grupos biológicos, permite apreciar el aporte de esta región a la biodiversidad de Puebla. En ella se han registrado alrededor del 9 % de los helechos y afines, el 10 % de las especies de plantas con flor, y entre el 12-20 % de las especies de vertebrados terrestres reportadas para Puebla. Esto incluye 28 especies de vertebrados y 5 especies de plantas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Otro grupo menos estudiado, aunque de gran importancia, es el de los hongos. De forma preliminar, se ha estimado que en esta región se encuentra hasta un 33 % de los hongos macroscópicos conocidos para Puebla (Tabla 1).

Aunque incipiente, la información disponible permite hacer algunas observaciones. Por ejemplo, se han identificado vertebrados asociados a tipos de vegetación (CONAFOR y WFC, 2017), y una respuesta diferencial al manejo del bosque. Chávez-León (2019) registra que la riqueza de mamíferos es similar entre los dos métodos de manejo empleados en la UMAFOR. Para las aves se ha registrado una mayor riqueza en áreas sujetas a MDS, en comparación con áreas sujetas a MMOBI (López-Becerra y Barrón-Sevilla, 2018; Chávez-León, 2019). Más relevante en el contexto del manejo forestal, es la identificación de especies de aves asociadas a la aplicación de tratamientos silvícolas específicos (López-Becerra y Barrón Sevilla, 2018).

Grupo	Puebla	UMAFOR 2108	Referencias
Pteridophyta (helechos y afines)	289	26 (9)	CONABIO, 2011; CONAFOR, 2016
Magnoliophyta (plantas con flor)	4139	422 (10)	Villaseñor y Ortiz, 2014; CONAFOR, 2016
Amphibia (anfibios)	64	12 (18)	Parra-Olea y cols., 2014; CONAFOR 2017
Reptilia (reptiles)	129	22 (17)	Flores-Villela y García Vázquez, 2014; CONAFOR, 2017
Aves	595	122 (20)	Navarro-Sigüenza y cols. 2014; CONAFOR, 2017
Mammalia (mamíferos)	161	19 (12)	Sánchez-Cordero y cols., 2014; CONAFOR, 2017
Fungi (hongos)	130	33 (25)	Vázquez Mendoza y Valenzuela-Garza, 2010; Badillo-Herrera, 2017

Tabla 1. Riqueza de especies para algunos grupos biológicos. Los números encerrados en paréntesis corresponden al porcentaje del total estatal.

Por su ubicuidad, este grupo es de especial interés para promover el monitoreo de la biodiversidad a nivel comunitario.

Es innegable que las actividades asociadas al manejo forestal modifican las condiciones del hábitat. Las respuestas a esto pueden ser la desaparición, arribo o permanencia de las especies en cada área de corta. No obstante, dada la naturaleza rotacional en la aplicación de los tratamientos silvícolas, se ha sugerido que no hay pérdida de especies a lo largo del turno silvícola (Deferrari y cols., 2001).

MANEJO FORESTAL Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Los ecosistemas forestales abarcan una extensión aproximada de 65 millones de hectáreas. Poco menos de la mitad de esta superficie, alrededor de 30 millones, es gestionada por medio de programas de manejo forestal (SEMARNAT, 2020). Si se considera que esto supera los 21 millones de hectáreas que abarcaban las áreas naturales protegidas terrestres de jurisdicción federal reportadas al 2018, el potencial del manejo forestal como estrategia de conservación puede ser extraordinario. Aunque los ecosistemas bajo manejo forestal se gestionan para la producción de recursos forestales, se han desarrollado protocolos para definir criterios y prácticas para la conservación de la biodiversidad, sin perder su carácter productivo (Jardel-Peláez, 2015). Estas prácticas tienen una orientación preventiva y están basadas en los siguientes principios ecológicos (Lindenmayer y cols., 2006): 1) Aseguran la conectividad en las masas forestales, 2) fomentan la heterogeneidad de paisaje, 3) incrementan la complejidad estructural de los rodales, y 4) conservación de ecosistemas riparios. La aplicación específica de las prácticas de conservación depende de características topográficas, geomorfológicas, tipo de vegetación y presencia de especies en riesgo. Para acceder a algunos programas de apoyo del gobierno federal, los solicitantes deben incorporar prácticas de conservación de la biodiversidad a sus programas de manejo.

El sector forestal ha implementado otra estrategia de conservación: la certificación del manejo forestal. El sistema mexicano de certificación forestal contempla dos herramientas: la auditoría técnica preventiva y la certificación en manejo forestal sustentable (CONAFOR, 2019). La primera verifica el cumplimiento de la normatividad aplicable y la correcta ejecución del programa de manejo forestal. La segunda evalúa si el programa de manejo cumple con criterios de sustentabilidad. En este caso, los productores forestales pueden elegir certificarse por la NMX-AA-143-SCFI-2015, o por los estándares del Forest Stewardship Council (FSC). Uno de los criterios evaluados es el monitoreo del impacto del aprovechamiento sobre la fauna, vegetación, suelo y agua.

Si bien no hay estadísticas desglosadas, hay experiencias que ilustran cómo el manejo forestal incide en la conservación. En este contexto, la Sierra Norte de Puebla es un referente a nivel nacional. El primer programa de manejo forestal

que incorporó prácticas de conservación de la biodiversidad fue formulado para el ejido Llano Grande, ubicado en el municipio de Chignahuapan (CONAFOR y PNUD, 2017). En un interesante ejercicio de ordenación forestal, se logró incrementar el volumen autorizado para el aprovechamiento, incrementar utilidades y empleos generados, obtener la certificación en manejo forestal sustentable por el FSC, y delimitar áreas de alto valor para la conservación. El ejido Cruz de Ocote (municipio de Ixtacamaxtitlan) cuenta con una certificación bajo la NMX-AA-143-SCFI-2015. Además de mantener áreas de conservación y franjas de protección a los cauces, contar con sitios de monitoreo, brechas cortafuego y con una zonificación de áreas de riesgo a incendios, es un extraordinario ejemplo de fomento a la participación con equidad de género e intergeneracional (Suarez, 2019). La relevancia de estas experiencias radica en los beneficios socioeconómicos generados por el manejo forestal que contribuyen a generar un contexto favorable a la conservación de bosques y selvas, su biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados.

PERSPECTIVAS

En un contexto de austeridad y disminución del presupuesto del sector ambiental (Provencio y Carabias, 2019), es imperativo transitar hacia estrategias de conservación acordes con esta problemática. El manejo forestal que se ha promovido en México posee dos características relevantes: se planea y ejecuta bajo criterios de sustentabilidad y en su mayor parte se realiza en un contexto comunitario. Las actividades que se realizan van más allá del aprovechamiento de los recursos forestales: incluyen obras de conservación de agua y suelo, mantenimiento de caminos, capacitación constante, sensibilización acerca de la biodiversidad y participación comunitaria con equidad. Aunque poco explorado y difundido como estrategia de conservación, el manejo forestal genera condiciones adecuadas de gobernanza para el manejo de los recursos naturales. Generar herramientas para fortalecer el manejo forestal, desarrollar esquemas de monitoreo comunitario y divulgar su aporte a la conservación, constituyen más que retos y necesidades para propietarios de bosques y selvas, dependencias e instituciones del sector ambiental: son fronteras de conocimiento para la conservación de los ecosistemas forestales.

REFERENCIAS

Badillo-Herrera MU (2017). *Hongos silvestres en bosques templados*. Tesis de licenciatura. ITSSNP. México.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2014). *Estudio de cuenca de abasto para la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla*. Comisión Nacional Forestal, Asesores en Manejo de Recursos Forestales S.C. México.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2016). *Estudio florístico de la cuenca de abasto de la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla, México*. Recuperado de: https://www.gob.mx/conafor/documentos/estudios-regionales-para-apoyar-el-manejo-forestal-sustentable.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2017). *Estudio regional de fauna silvestre en la UMAFOR 2108*. Recuperado de: https://www.gob.mx/conafor/documentos/estudios-regionales-para-apoyar-el-manejo-forestal-sustentable.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2019). *El sector forestal mexicano en cifras 2019*. Comisión Nacional Forestal. México.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2017). *Casos de éxito. Proyecto biodiversidad en bosques de producción y mercados certificados*. Comisión Nacional Forestal; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2011). *La biodiversidad en Puebla: estudio de estado.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Chavéz-León G (2019). Diversidad de mamíferos y aves en bosques de coníferas bajo manejo en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(56):85-112.

Deferrari G, Camilión C, Matínez-Pastur G and Peri PL (2001). Changes in Nothofagus pumilio forest biodiversity during the forest management cycle. 2. Birds. *Biodiversity and Conservation* 10:2093-2108.

Flores-Villela O y García-Vázquez UO (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad Supl*. 85:s467-s475.

Jardel-Peláez EJ (2015). *Criterios para la conservación de la biodiversidad en los programas de manejo forestal*. Comisión Nacional Forestal; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Zapopan, Jalisco, México.

© Aída Ortega. *La calma*, 2016.

Jardel-Peláez E y Sánchez-Vélazquez LR (1989) La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. *Ciencia y Desarrollo* 14(84):33-43.

Lindenmayer DB, Franklin JF y Fischer J (2006). General management principles and a chekclist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation* 131:433-445.

López-Becerra JL y Barrón-Sevilla JA (2018). Diversidad de aves en un bosque bajo manejo forestal en la Sierra Norte de Puebla, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 19(2):168-179.

Navarro-Sigüenza AG, Rebón-Gallardo MF, Gordillo-Martínez A, Peterson AT, Berlanga-García H y Sánchez-González LA (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:s476-a495.

Parra-Olea G, Flores-Villela O y Mendoza-Almeralla C (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:s460-a466.

Provencio E y Carabias J (2019). *El presupuesto federal de medio ambiente: un trato injustificado y desproporcionado*. Recuperado de: https://estepais.com/ambiente/el-presupuesto-federal-de-medio-ambiente-un-trato-injustificado-y-desproporcionado/.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2006). *Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006, que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas* áridas. Diario Oficial de la Federación. Jueves 30 de diciembre de 2010.

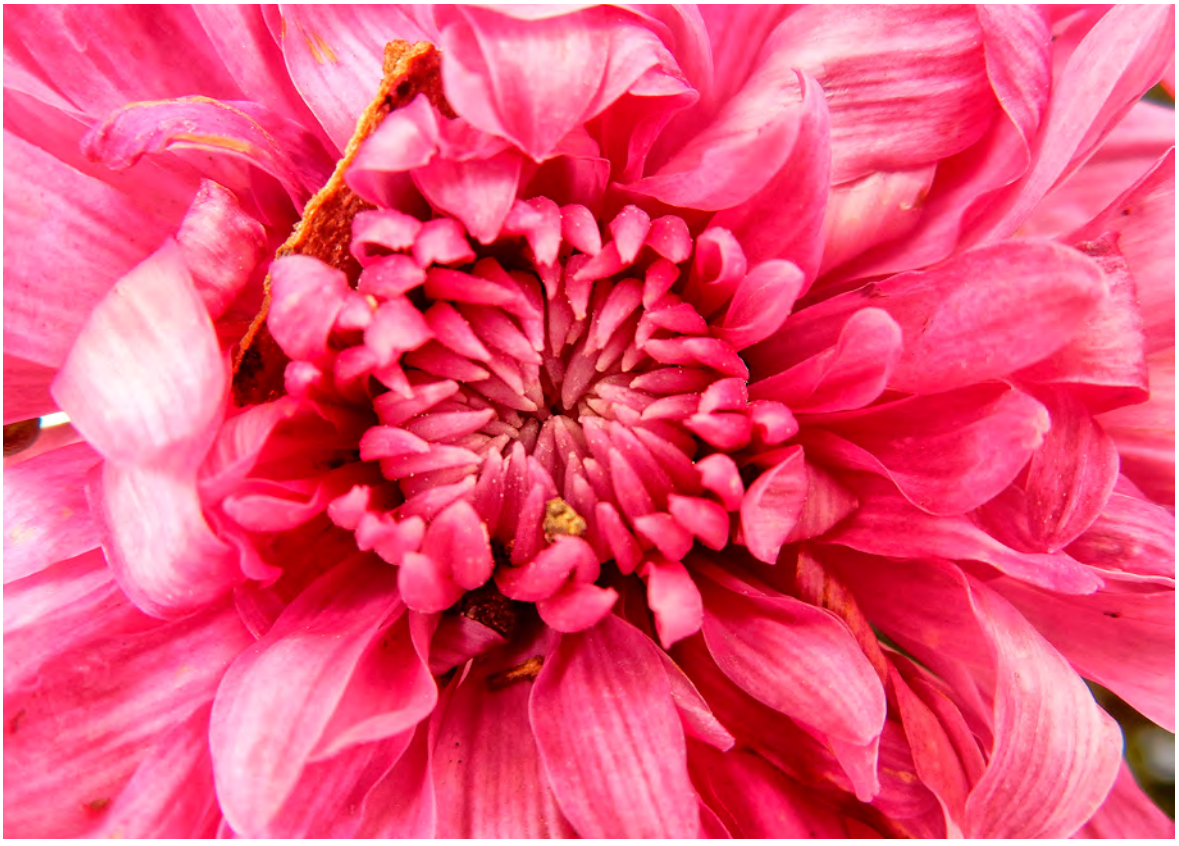
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2020). *Sistema Nacional de Indicadores Ambientales. Conjunto básico del desempeño ambiental*. Recuperado de: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores19/index.html.

Suarez G (2019). *Cruz de Ocote, una empresa forestal comunitaria amenazada por la minería*. Recuperado de: https://www.ccmss.org.mx/cruz-de-ocote-una-empresa-forestal-comunitaria-amenazada-por-la-mineria/.

Vázquez-Mendoza S y Valenzuela-Garza R (2010). Macromicetos de la Sierra Norte del estado de Puebla, México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(1):43-58.

Villaseñor JL y Ortiz E (2014). Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:s134-a142.

Juan Antonio Barrón Sevilla
Tecnológico Nacional de México
Campus Sierra Norte de Puebla
juan.bs@zacatlan.tecnm.mx



© Aída Ortega. *¿Cómo lo cuento?*, 2016.

Enfermedad periodontal y sistema inmune

Julieta Saraí **Becerra Ruiz**
Juan Manuel **Guzmán Flores**

El término enfermedad periodontal se refiere a la inflamación de los tejidos que brindan soporte al diente. Estos tejidos incluyen la encía, el cemento, el hueso alveolar y el ligamento periodontal. La enfermedad periodontal representa un importante problema de salud pública y se considera una de las diez enfermedades más prevalentes en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera la caries dental y la enfermedad periodontal como las enfermedades más prevalentes en la cavidad bucal. De acuerdo con la carga global de enfermedades (GBD), 538 millones de personas se vieron afectadas por periodontitis crónica en 2015. En México, ha habido un aumento de la prevalencia de enfermedad periodontal. De acuerdo con el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales 2017, el 55.8 % de la población presentó algún daño periodontal, comparado con el 57.9 % reportado en 2018.

Este padecimiento de la cavidad oral es de etiología multifactorial, en la cual intervienen factores microbianos, genéticos y biológicos, entre ellos la respuesta inmune, y ambientales como la nutrición y el tabaquismo. Existen enfermedades que participan como factores de riesgo para el desarrollo de la enfermedad periodontal, entre ellas se encuentran la diabetes mellitus, el sobrepeso y la obesidad. Se considera a la diabetes mellitus

como la enfermedad más frecuente que predispone a la periodontitis y algunas investigaciones han descrito a la obesidad como el segundo factor de riesgo para el desarrollo de la inflamación periodontal. Además de estas enfermedades sistémicas, existen otros factores de riesgo modificables como el tabaquismo. que se ha asociado con la progresión y el empeoramiento de la enfermedad periodontal (Kinane y cols., 2017).

Existen diversas investigaciones científicas enfocadas en el estudio y comprensión a nivel genético, terapéutico y biológico de las dos principales enfermedades periodontales: la gingivitis y la periodontitis. La gingivitis es el inicio de la inflamación de los tejidos de soporte del diente y se caracteriza por el enrojecimiento de las encías y sangrado, no existe pérdida de las estructuras de soporte del diente y es reversible una vez que se elimina la placa o cálculo dental. La periodontitis es el estado crónico de la enfermedad en donde hay inflamación y pérdida de los tejidos de soporte del diente, presencia de bolsas periodontales y es irreversible (Kumar, 2019). Por lo tanto, durante el transcurso de la historia natural de la enfermedad periodontal se presenta un cuadro inflamatorio, por lo que es de esperarse que las células del sistema inmune desempeñen un papel importante en la fisiopatología de esta enfermedad.

SISTEMA INMUNOLÓGICO

El sistema inmune se clasifica en el sistema innato y el sistema adaptativo. El primero, es un sistema conservado de defensa que incluye células hematopoyéticas como macrófagos, neutrófilos, células asesinas naturales (NK) y células dendríticas (DCs). Además, células no hematopoyéticas, como las células epiteliales orales, los fibroblastos gingivales y las barreras de tejidos blandos. Esta inmunidad se caracteriza por tener una respuesta rápida, aunque es de especificidad limitada y no tiene memoria, por lo que no aporta protección a largo plazo. El sistema innato puede detectar infecciones y daño en los tejidos a través de receptores de reconocimiento de patrones (PPRs) como los receptores tipo Toll (TLR). Esta respuesta está mediada por mecanismos como la fagocitosis. En los mamíferos, las defensas inmunes naturales incluyen las superficies mucosas, comenzando por la cavidad oral, el sistema respiratorio y gastrointestinal, además de superficies más grandes, como la piel.

Por otra parte, en el sistema adaptativo, las principales células que participan son linfocitos B y T. Esta respuesta se caracteriza por especificidad del antígeno y memoria celular aportando protección a largo plazo, aunque requiere más tiempo para reaccionar debido a que los linfocitos deben activarse y diferenciarse para ejercer funciones diversas.

Estos dos tipos de inmunidad se vinculan cuando las células del sistema innato activan a las células del sistema adaptativo mediante la ruta de presentación del antígeno. Este mecanismo es llevado a cabo por células presentadoras de antígeno, como las células dendríticas. Para que suceda esta activación, también participan proteínas llamadas citocinas que proporcionan un sistema de comunicación entre las células y ejercen funciones anti y proinflamatorias a bajas concentraciones, pero cuando se modifican sus niveles en los tejidos orales pueden dar lugar a la aparición de patologías orales. Por lo tanto, la inmunidad innata y la adaptativa trabajan en conjunto manteniendo el equilibrio a través de respuestas apropiadas contra los patógenos.

ENFERMEDAD PERIODONTAL Y SISTEMA INMUNOLÓGICO

En condiciones saludables, existen comunidades microbianas subgingivales residentes que se adhieren a la superficie de los dientes y los tejidos formando una biopelícula (biofilm simbiótico). En la etapa inicial de la formación de la biopelícula se agregan diferentes componentes como lípidos y proteínas, que permiten el crecimiento de comunidades microbianas, hasta que la capa finalmente se mineraliza con sales minerales formando el

cálculo dental. A medida que la biopelícula crece, se presenta un decaimiento gradual de oxígeno, lo que conlleva a un incremento de microorganismos anaerobios considerados como periodonto-patogénicos.

En la cavidad oral, la saliva es uno de los elementos principales encargados de proteger la mucosa y las encías. Su mecanismo protector se debe a péptidos antimicrobianos salivales (AMP) que incluyen entre otras, moléculas perforantes de membranas de los microbios, reduciendo así el número de microorganismos en la cavidad oral (Grant y cols., 2019).

Otro mecanismo de defensa que participa en la inmunidad innata es el sistema de complemento, el cual está conformado aproximadamente por 50 proteínas que se van activando a manera de cascada para generar moléculas que opsonizan (marcan) a los patógenos, con la finalidad de que las células fagocíticas, como los macrófagos, los eliminen (Hajishengallis y cols., 2019).

Por otra parte, los macrófagos, las células dendríticas y los neutrófilos fagocitan bacterias del surco gingival y de tejidos adyacentes. Las células dendríticas viajan a los nodos linfáticos para activar a los linfocitos T, los cuales se diferencian en varios subtipos: Th1, Th2, Th17 y T reguladores (Treg). De tal manera que los linfocitos T diferenciados acuden al sitio de infección y la combaten, liberando un conjunto de citocinas, tales como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-alfa).

Las células B reconocen antígenos y pueden diferenciarse en células plasmáticas para producir anticuerpos específicos contra ese antígeno. Los anticuerpos se unen a los antígenos y los eliminan con la ayuda de moléculas del sistema de complemento y fagocitos.

De esta manera las células B participan en la eliminación de bacterias y detienen el avance de la enfermedad periodontal. Sin embargo, se ha descrito que las células plasmáticas son abundantes en infiltrados inflamatorios y producen citocinas como TNF-alfa, que a su vez ayudan a la degradación de los tejidos periodontales (Sanchez-Trincado y cols., 2017).

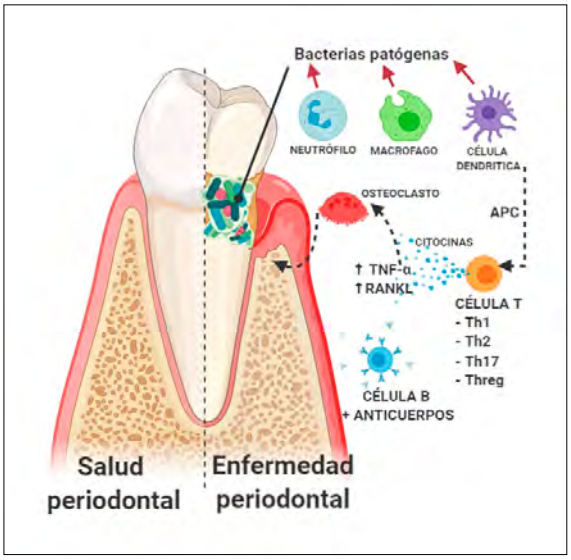


Figura 1. Papel del sistema inmune en la enfermedad periodontal. Las células de la inmunidad innata son atraídas al sitio de lesión para destruir los microorganismos patógenos. Las células dendríticas presentan el antígeno a los linfocitos T y B, activando la inmunidad adaptativa que actúa a través de una respuesta específica con mayor afinidad por el antígeno. En el proceso hay un aumento de citocinas como el TNF-alfa y RANKL que inducen la activación de osteoclastos que degradan el hueso alveolar.

La reabsorción ósea alveolar es llevada a cabo por los osteoclastos cuya activación depende de una citocina llamada ligando del receptor activador para el factor nuclear K β (RANKL), la cual es liberada por osteoblastos y otras células inmunes como las células B de memoria y los linfocitos T. Además, se ve también aumentada cuando las concentraciones de TNF-alfa incrementan. Cuando RANKL se une a su receptor activador del factor nuclear (RANK), ubicado en la membrana de los pre osteoclastos, estos se activan y diferencian en osteoclastos comenzando así la degradación del hueso.

CONCLUSIÓN

Como conclusión se puede observar un resumen gráfico del papel de las células del sistema inmune en la enfermedad periodontal (Figura 1). Además, se puede deducir que la principal causa desencadenante de la enfermedad periodontal son factores microbianos, aunque también participan factores ambientales, genéticos y biológicos.

© Aída Ortega. *¿Qué han perdido?*, 2016.

En el periodonto sano, el sistema inmune ejerce mecanismos de defensa competentes para someter a los microorganismos manteniendo los tejidos en homeostasis. La participación de estas células en el curso de la aparición y progresión de la enfermedad periodontal, depende de los microorganismos involucrados presentes en el cálculo dental, de su persistencia y de las citocinas liberadas que pueden desequilibrar la respuesta del sistema inmunológico y destruir los tejidos periodontales.

Finalmente, es necesaria una mejor comprensión de los mecanismos celulares y moleculares involucrados en el desarrollo de la enfermedad periodontal. De igual manera, se necesitan ejercer en la población medidas de prevención y protección adecuadas por parte de los odontólogos para mejorar las diferentes modalidades de tratamientos. Todo esto con la finalidad de disminuir la prevalencia de esta enfermedad que afecta a una gran parte de la población.

© Aída Ortega. *Bailarinas silenciosas*, 2019.

REFERENCIAS

Grant M *et al.* (2019). The human salivary antimicrobial peptide profile according to the oral microbiota in health, periodontitis and smoking. *J Innate Immun* 11:432-444.

Hajishengallis G *et al.* (2019). Complement-Dependent Mechanisms and Interventions in Periodontal Disease. *Front Immunol* 10:406.

Kinane DF *et al.* (2017). Periodontal diseases. *Nat Rev Dis Primers* 3:17038.

Kumar S (2019). Evidence-Based Update on Diagnosis and Management of Gingivitis and Periodontitis. *Dent Clin North Am* 63:69-81.

Sanchez-Trincado JL *et al.* (2017). Fundamentals and Methods for T- and B-Cell Epitope Prediction. *J Immunol Res* 2017:2680160.

Julieta Saraí Becerra Ruiz
Juan Manuel Guzmán Flores
Centro Universitario de Los Altos
Universidad de Guadalajara
juan.guzman@cualtos.udg.mx

www.elementos.buap.mx

¿De quién hablamos cuando hablamos de los políticos?

El género gramatical visto desde la psicolingüística

Alejandro **Anaya Ramírez**

Lea la siguiente oración: *Los políticos discutieron la ley del aborto.*

Si se le preguntase qué fue lo primero que pensó al leer "los políticos" ¿qué respondería?, ¿pensó en un grupo de hombres discutiendo sobre temas relacionados con la salud reproductiva de las mujeres?, ¿o tal vez uno conformado por hombres y mujeres? De acuerdo con investigaciones llevadas a cabo desde la lingüística experimental y la psicolingüística sobre estas posibilidades de interpretación en diferentes lenguas, incluyendo el español, es probable que, al menos en una primera impresión, usted haya imaginado al grupo de hombres.

Cuando leemos un texto o escuchamos una conversación tendemos a representarnos mentalmente las cosas que se nos van describiendo, lo cual se va enriqueciendo a partir de nueva información que nos va aportando el autor o interlocutor; dicha representación, a su vez, es moldeada por el conocimiento y las creencias que nosotros ya tenemos sobre el mundo (Carreiras y cols., 1996). Por ejemplo en el siguiente par de oraciones:

- *Los estudiantes limpiaron el parque de la colonia.*
- *Los pobladores los felicitaron por su buen trabajo.*

Sabemos que una acción vista como buena socialmente por lo regular es recompensada por la comunidad, por lo que nos parece coherente que a los estudiantes de la primera oración los hayan felicitado.

Estas inferencias las hacemos constantemente, sobre todo debido a que en los textos o en el habla no toda la información es explícita o incluso se da el caso de que la información es ambigua. En el caso de los *políticos* de la oración con la que empezó este texto, nosotros no tenemos mayor información sobre el sexo de quienes conforman dicho grupo más allá de la palabra. ¿Qué hacemos en estos casos?

Como sabemos, en nuestra lengua contamos con un sistema de género gramatical que divide los sustantivos en masculinos o femeninos, mientras que en otras lenguas, como el alemán, además de esas dos categorías, las palabras pueden pertenecer al género neutro.

Generalmente este sistema es arbitrario pero, cuando utilizamos palabras para referirnos a entidades animadas como los humanos, el género gramatical suele coincidir con el sexo del animal o persona a la que se está refiriendo, por ejemplo: "niño/niña", "hermano/hermana".

Sin embargo, dicha asociación entre género gramatical y sexo tiene sus excepciones debido a que el género gramatical masculino, además de que se puede utilizar para referir a individuos o grupos humanos de sexo masculino, también, de acuerdo con la Real Academia Española, puede designar la clase; es decir, a los individuos de la especie sin distinción de sexos como en el siguiente ejemplo: *El hombre ha tenido un largo recorrido evolutivo*. De igual forma se puede utilizar cuando el grupo o individuo al que nos estemos refiriendo es de sexo desconocido para nosotros. También podemos utilizar el género gramatical masculino cuando nos referimos a grupos humanos, tanto a aquellos exclusivamente conformados por hombres, como grupos mixtos como en el caso de *los políticos*.

El que para una misma palabra haya dos (o más) significados asociados a ella, como en el caso de *los políticos,* es un ejemplo de ambigüedad. Este es un fenómeno bastante común en nuestra lengua; sabemos. por ejemplo, que la palabra *banco* puede referirse a una institución bancaria o a un asiento, o que la oración *Vi al niño con los binoculares* puede entenderse como que yo o el niño podía tener los binoculares.

Sabemos que en *Vi al niño con unos binoculares* los significados posibles dependen de la combinación de los elementos en la oración. En el caso de *los políticos* se da en la misma palabra. ¿Qué hace que nos decantemos por un significado u otro?; ¿de qué depende que haya una preferencia por un significado sobre otro?

En lenguas sin género gramatical, como el inglés, en las que la palabra en sí no da indicio sobre el sexo de la persona, se ha encontrado que la inferencia que hacen los hablantes se basa en los estereotipos asociados al grupo al que se esté refiriendo; por ejemplo, cuando leen o escuchan *the surgeons* (los cirujanos) tienden a asociarlo a un grupo de hombres, mientras que si el ejemplo

© Aída Ortega. *Las pequeñas cosas*, 2016.

fuera *the nurses* (las enfermeras) la asociación sería a un grupo de mujeres.

En el caso del español, que sí tiene género gramatical, ¿por qué una oración que contiene *los políticos* la interpretamos como si nos refiriéramos a un grupo de hombres? ¿también es una cuestión de estereotipos o el género gramatical influye en ello?

INVESTIGACIONES SOBRE LA INTERPRETACIÓN DEL GÉNERO GRAMATICAL MASCULINO

Para responder las preguntas anteriores, se han realizado diferentes estudios con hablantes de lenguas con género gramatical como el francés, el alemán y el español, y también con hablantes de lenguas sin esta propiedad, tales como el inglés o el finés. Dichas investigaciones, a partir de experimentos conductuales y técnicas de medición de procesamiento del lenguaje, han encontrado que existe un sesgo a interpretar sustantivos masculinos plurales humanos como *los políticos,* como un grupo exclusivamente conformado por hombres, independientemente de si el sustantivo se encuentra culturalmente más asociado a un sexo u otro, como en el caso de las lenguas sin género gramatical, que al sexo de los participantes, ¡e incluso cuando se les ha recordado a los participantes la regla de que el género gramatical masculino puede referir a grupos mixtos! (Gygax y cols., 2008; Garnham y cols., 2012; Gabriel y cols., 2017).

Estos resultados emplean paradigmas diversos como pruebas de categorización. El más frecuente ha sido el de resolución anafórica a partir de estímulos como el siguiente:

- *Los políticos discutieron la ley sobre el aborto.*
- *Una propuso que la medida fuera aprobada por unanimidad.*

En dichos experimentos se les pide a los hablantes que decidan si la segunda oración es una continuación coherente de la primera y se mide la cantidad de respuestas afirmativas y el tiempo que les tomó responder a ello. En algunos de estos trabajos se han utilizado técnicas de medición de procesamiento del lenguaje tales como el seguimiento ocular.

Sobre el seguimiento ocular, esta es una técnica que ha sido utilizada en los últimos años para investigación en lingüística, debido a que permite obtener información de procesamiento *online* del lenguaje, es decir, analiza cómo los hablantes van interpretando los elementos lingüísticos en el momento en el que se les presentan.

Este ejercicio consiste en presentar estímulos visuales a los participantes, los cuales pueden ser imágenes o textos, y con un aparato de rastreo visual se detecta el movimiento de los ojos de los participantes en los que se identifican zonas críticas en donde los hablantes fijan por más tiempo su atención o posibles regresiones, que en el caso de los textos también son indicadores de dificultad de procesamiento.

Veamos el siguiente caso:

- Los vecinos limpiaron el parque de la colonia. Una llevó herramientas para trabajar.

Si usted estuviera en un laboratorio con una computadora que cuente con un rastreador visual y se le pidiera que leyera este par de oraciones, es posible que, al igual que hablantes de otras lenguas a quienes se les mostraron este tipo de estímulos, usted tendería a detener su mirada por un tiempo más prolongado en la zona posterior a *Una,* en comparación a si la segunda oración mostrada iniciase con *Uno,* y también tendería a regresar más veces a la zona donde se encuentra *Los vecinos,* para que usted pudiera establecer una coherencia de la información aparentemente contradictoria de la segunda oración que empieza con *Una* en comparación con *Uno.* Esto se ha sostenido con distintas teorías de procesamiento del lenguaje, lo cual ha consolidado este método como uno de los más populares dentro de las investigaciones de lingüística experimental. Con este breve panorama podemos vislumbrar que, a grandes rasgos, parece que la interpretación de *los políticos* en nuestra lengua, y en otras como el francés o el alemán, se encuentra sesgada, al menos en un primer momento, hacia una representación mental de un grupo de hombres.

© **Aída Ortega.** *Sin sueños*, 2017.

© **Aída Ortega.** *Insomnio*, 2013.

¿QUÉ PASA CON EL GÉNERO GRAMATICAL?

Tomando en cuenta lo anterior, hay muchas preguntas por responder, quizás la más importante sea saber el por qué de los resultados que se han encontrado a la fecha, será acaso que el género gramatical masculino sesga las inferencias que hacemos de las palabras?, ¿o se trata más bien de una cuestión social?

La respuesta quizá tenga un poco de ambas posibilidades debido a que, en primer lugar, el género gramatical, al tener marcas de género visibles (y auditivas) en las palabras, influye en los hablantes a pensar en personas de sexo masculino debido a la misma asociación entre género gramatical y sexo que se mencionó al principio del texto. Habrá quienes, con mucha razón, cuestionen esto al mencionar que las marcas gramaticales no se usan en todos los casos, por ejemplo en palabras que no terminan con morfema masculino (o): *los estudiantes.* Sin embargo, como también habrá notado, el género gramatical aparece en otros elementos lingüísticos como artículos o adjetivos que deben concordar con el género del sustantivo, y aún cuando no aparezcan en el discurso, dichos elementos (*estudiantes*) es de conocimiento de los hablantes que este se conjuga con género gramatical masculino.

Esto se soporta también en hallazgos de otros estudios en los que se ha encontrado que cuando a los hablantes se les pide que clasifiquen entidades no humanas, como animales, tendemos a hacer esa asociación género gramatical-sexo, aun cuando esto no coincida siempre o en el caso de palabras que designan individuos de ambos sexos como, por ejemplo, *serpiente.* Es decir, cuando escuchamos *la serpiente* tendemos a pensar que se está haciendo referencia a una serpiente hembra, y cuando escuchamos *el búho* pensamos en un ave macho (Belacchi y Cubelli, 2012).

Por otro lado, es evidente que la cuestión social también influye en esta interpretación debido a que nuestra lengua se utiliza en sociedad para referirnos al estado actual de las cosas en la realidad, en este caso, del que hasta la fecha siga habiendo una brecha de desigualdad entre hombres y mujeres en distintos ámbitos sociales, culturales, políticos y laborales, lo cual nos haga pensar que es más "natural" imaginar a un grupo de hombres cuando hablamos de *los doctores* o *los políticos.* Esto todavía es más evidente para el caso de México, un país con la segunda mayor brecha de género de participación laboral, de acuerdo con Kaplan y Pirás (2019).

Es por esta razón que se buscan nuevas formas en la lengua y nuevos significados a formas ya establecidas, para que la visibilización que cada vez se observa más de grupos históricamente relegados (tal como es el caso de las mujeres) en la esfera pública se traslade también al discurso.

En este sentido, se ha realizado una crítica a este uso del género gramatical masculino en la lengua, la cual ha venido principalmente desde movimientos feministas, en donde se hace hincapié en la necesidad de que la lengua represente a todas las personas en nuestra comunicación diaria, incluyendo a las mujeres, esto acompañado por otras reivindicaciones sociales en las que se alcance mayor igualdad de derechos. Esta crítica ha ido todavía más allá debido a que también grupos de la diversidad sexual LGBTIQ+ se han agregado a dicha crítica, buscando que personas que se encuentran fuera de esta concepción binaria del sexo (hombre/mujer) también se hallen representadas en el lenguaje. Lo cual, al menos a la luz de los resultados de los estudios que se han realizado para analizar el fenómeno del género gramatical masculino, parece que indican que su crítica no se encuentra del todo desencaminada.

CONCLUSIÓN

El fenómeno de la interpretación de palabras como *los políticos* sigue siendo un tema controvertido, como podemos ver en las constantes discusiones (Gabriel y cols., 2018) que hay al respecto desde un punto de vista lingüístico y social, en el que instituciones tan reconocidas como la Real Academia Española (2012) se han pronunciado en contra del uso de formas alternativas al género gramatical masculino para referir a grupos humanos, como cambiar *políticos* por *los políticos y las políticas* o hasta cambiarlo por *les políticques.* Investigaciones como las que se mencionaron en este artículo nos permiten entender un problema que ha estado presente por mucho tiempo entre los investigadores del lenguaje: ¿hasta qué punto el lenguaje influye en nuestra percepción? En el caso de este fenómeno podemos apuntar que parece que sí hay cierta influencia, sin embargo, queda para investigaciones futuras ahondar hasta qué punto, en qué contextos, con qué comunidades este fenómeno se puede observar y, también, hasta qué punto factores sociales como son la edad, la escolaridad o la afiliación política pueden influir en que nosotros pensemos en un grupo de hombres en lugar de un grupo mixto.

Finalmente, estas investigaciones también nos ayudarían a ahondar en esa compleja relación que se da entre el pensamiento y el lenguaje dentro de un marco social en el que factores cognitivos y culturales moldean al lenguaje y viceversa.

BIBLIOGRAFÍA

Belacchi C and Cubelli R (2012). Implicit knowledge of grammatical gender in preschool children. *Journal of Psycholinguistic Research* 41:295-310.

Carreiras M, Garnham A, Oakhill J and Cain K (1996) The use of stereotypical gender information in constructing a mental model:

Evidence from English and Spanish. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 49A:639-663.

Gabriel U Gygax PM and Kuhn EA (2018). Neutralizing linguistic sexism: Promising but cumbersome? *Group Processes and Intergroup Relations* 21:844-858.

Gabriel U, Behne DM and Gygax PM (2017). Speech vs. Reading

comprehension: An explorative study of gender representations in Norwegian. *Journal of Cognitive Psychology* 29:795-808.

Garnham A, Gabriel U, Sarrasin O, Gygax P and Oakhill J (2012). Gender representation in different languages and grammatical marking on pronouns: when beauticians, musicians and mechanics remain men. *Discourse Processes* 49:481-500.

Gygax P and Gabriel U (2008) Can a group of musicians be composed of women? Generic interpretation of Frence masculine role names in absence and presence of feminine forms. *Swiss Journal of Psychology* 67:141-153.

Kaplan D and Piras C (2019). Brechas de género en el mercado laboral mexicano: comparaciones internacionales y recomendaciones de política pública. *Revista de Economía Mexicana. Anuario UNAM* 4:138-163.

Real Academia Española (2012). Sexismo lingüístico y visibilidad de la mujer. Recuperado de: https://www.rae.es/sites/default/files/Sexismo_linguistico_y_visibilidad_de_la_mujer_0.pdf.

Alejandro Anaya Ramírez
Laboratorio de Lenguaje y Cognición
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
alejandro_b@outlook.com

© Aída Ortega. *La magia*, 2016.

Las hormigas zombis.

Un ejemplo del impacto del parásito sobre la conducta de su hospedero

Héctor **Godínez Álvarez**

De acuerdo con el diccionario de la lengua española, un zombi es una persona que se supone muerta y es reanimada por brujería para dominar su voluntad. De manera similar, en la cultura haitiana, un zombi es un muerto que fue resucitado por un hechicero para convertirlo en su esclavo. El zombi puede ser usado por el hechicero para trabajar en su casa o en sus plantaciones. Por lo tanto, el hechicero obtiene beneficios de las acciones realizadas por el zombi. Los zombis surgieron en la cultura haitiana y posteriormente pasaron a formar parte de la cultura popular mundial. Sin embargo, los zombis son populares no solo en la cultura, sino también en la naturaleza. En ella, los zombis son organismos cuya conducta es modificada por los parásitos para obtener beneficios. Los parásitos son organismos que pueden pasar toda su vida, o parte de ella, dentro del cuerpo de uno o varios organismos conocidos como hospederos. Esta relación es positiva para los parásitos porque incrementa su supervivencia y reproducción, pero es negativa para los hospederos porque disminuye dichos procesos. Además de los parásitos, los parasitoides también son organismos que pasan parte de su vida en hospederos. Los parasitoides son principalmente avispas y moscas que depositan sus huevos en otros insectos para que sus

Parásito/ Parasitoide[§]	Hospedero[†]	Modificación conductual	Referencia
Avispa[2] (*Hymenoepimecis argyraphaga*)	Araña[2] (*Plesiometa argyra*)	Antes de morir, la araña teje una telaraña reforzada para que la pupa de la avispa esté protegida.	Eberhard 2000
Nematomorfo[1] (*Paragordius tricuspidatus*)	Grillo[2] (*Nemobius sylvestris*)	El grillo se ahoga para que el nematomorfo pueda reproducirse en el agua.	Thomas y cols., 2002
Protozoario[1] (*Toxoplasma gondii*)	Rata[1] (*Rattus norvegicus*)	La rata es atraída a áreas con olor a gato, en donde es depredada por gatos.	Berdoy y cols., 2000
Trematodo[1] (*Leucochloridium paradoxum*)	Caracol[1] (*Succinea putris*)	El caracol permanece en áreas expuestas e iluminadas, en donde es depredado por pájaros.	Weselowska y Weselowski 2014
Mosca[2] (*Conopidae*)	Abejorro (*Bombus terrestris*)	Antes de morir, el abejorro se entierra para que la pupa de la mosca tenga un sitio protegido para hibernar.	Müller 1994

[§] 1: Parásito; 2: Parasitoide; [†] 1: Hospedero intermedio, 2: Hospedero definitivo

Tabla 1. Ejemplos de párasitos o parasitoides y su efecto sobre la conducta de distintos grupos de organismos. Los hospederos pueden ser intermedios o definitivos.

Género de hormiga[†]	Parásito	Modificación conductual
Cephalotes[2]	Hongo (*Ophiocordyceps*)	La hormiga sube a una planta, en donde muerde las nervaduras de las hojas y muere. Después de su muerte, el hongo se reproduce.
Formica[1]	Helminto (*Dicrocoelium dendriticum*)	La hormiga muerde la punta de las hojas de una planta y se convulsiona para ser ingerida por borregos.
Trachymyrmex[2]	Hormiga (*Megalomyrmex adamsae*)	El parásito corta las alas de las reinas vírgenes, impidiendo el vuelo nupcial. Las reina hace las tareas de las obreras.

[†] 1: Hospedero intermedio, 2: Hospedero definitivo

Tabla 2. Ejemplos de algunos parásitos de hormigas pertenecientes a distintos géneros y su efecto sobre la conducta. Las hormigas pueden ser hospederos intermedios o definitivos. Todos los ejemplos fueron tomados de Bekker y cols., 2018.

larvas se desarrollen en el interior o en el exterior de éstos. Las larvas modifican la conducta de su hospedero y causan su muerte para incrementar la supervivencia de las pupas. La diferencia entre los parásitos y los parasitoides es que los primeros no matan a su hospedero, mientras que los segundos sí lo hacen. Los parásitos y parasitoides pueden infectar a distintos grupos de animales invertebrados y vertebrados, y causar cambios dramáticos en su conducta (Tabla 1). Por ejemplo, los grillos parasitados por nematomorfos –gusanos parecidos a los nemátodos– saltan a los cuerpos de agua para morir ahogados (Thomas y cols., 2002); los abejorros infectados por moscas parasitoides se entierran vivos (Müller, 1994) y las ratas parasitadas por protozoarios son atraídas por los orines de los gatos (Berdoy y cols., 2000).

Los cambios en la conducta del hospedero deberían beneficiar al parásito/parasitoide ya sea porque incrementan la probabilidad de que pase de un hospedero a otro; o bien, porque incrementan la probabilidad de que pueda sobrevivir hasta alcanzar la madurez para reproducirse. Sin embargo, existe la posibilidad de que los cambios en la conducta solo sean una respuesta del hospedero a la infección y que no proporcionen ningún beneficio al parásito/parasitoide. Para dilucidar estas opciones, es necesario realizar estudios experimentales en el campo y/o en el laboratorio para demostrar que los cambios en la conducta del hospedero efectivamente incrementan la supervivencia y reproducción del parásito/parasitoide.

Las hormigas son un grupo de insectos que es infectado por distintos grupos de parásitos como hongos y helmintos, e incluso por otras hormigas, los cuales modifican su comportamiento (Tabla 2). Un ejemplo es la relación entre el hongo *Ophiocordyceps unilateralis* y la hormiga *Camponotus leonardi* en los bosques tropicales de Tailandia (Andersen y cols., 2009; Hughes y cols., 2011a, 2011b; Pontoppidan y cols., 2009).

Los estudios realizados en estos bosques muestran que las hormigas establecen sus nidos en las copas de los árboles, a más de 15-25 m de altura, en donde forrajean para obtener su alimento. Sin embargo, cuando las hormigas no pueden pasar de la copa de un árbol a otro, bajan al piso del bosque para subir a otro árbol. Cuando las hormigas bajan al piso pueden infectarse con las esporas

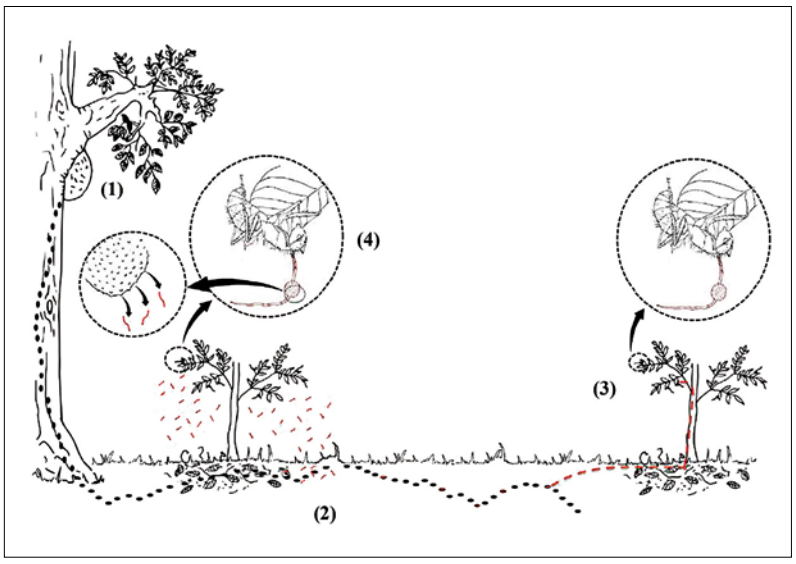


Figura 1. Relación entre el hongo *Ophiocordyceps unilateralis* y la hormiga *Camponotus leonardi*. (1) La hormiga anida en la copa de los árboles a 15-25 m de altura, en donde obtiene su alimento. Cuando la hormiga no puede pasar de la copa de un árbol a otro, baja al piso del bosque para subir a otro árbol. Sin embargo, (2) la hormiga es infectada por las esporas del hongo que están en el suelo. (3) Las hormigas infectadas salen del nido después de 10 días para subir a una plántula de 25 cm de altura, en donde se colocan en el envés de una hoja y muerden la vena media central, aunque también pueden morder las venas secundarias. La hormiga muere después de seis días de haber mordido la vena, pero (4) el hongo sigue creciendo hasta producir un cuerpo fructífero que sale entre la cabeza y el tórax de la hormiga. El cuerpo fructífero produce las esporas que caerán al suelo y podrán infectar a otra hormiga. Modificado de Araújo y Hughes (2016).

del hongo que están en el suelo (Andersen y cols., 2009; Figura 1). Las esporas atraviesan el exoesqueleto de las hormigas y el hongo crece en el interior de su cuerpo. Las hormigas infectadas actúan normalmente y continúan entrando y saliendo del nido para forrajear. Sin embargo, después de alrededor de 10 días, la hormiga infectada sale del nido y baja al piso del bosque en donde camina aleatoriamente y eventualmente sufre convulsiones (Hughes y cols., 2011b). A mediodía, cesan las convulsiones y la hormiga sube a una plántula de 25 cm de altura aproximadamente, para colocarse en el envés de una hoja y morder la vena media central, aunque también puede morder una vena secundaria.

La hormiga permanece fija a la vena debido a que los músculos de sus mandíbulas son atrofiados por el hongo (Hughes y cols., 2011b). Después de aproximadamente seis horas de haber mordido la vena, la hormiga muere debido al crecimiento del hongo. El hongo continúa creciendo durante seis días y produce un cuerpo fructífero que sale entre la cabeza y el tórax de la hormiga, el cual produce las esporas que caerán al suelo y podrán infectar a otra hormiga (Andersen y cols., 2009; Figura 1). La infección de las hormigas por el hongo es bastante común, pues existen "cementerios de hormigas" en donde es posible encontrar hasta 26 hormigas por m^2. Los cementerios están distribuidos en parches y pueden encontrarse todos los años, aunque el número de hormigas muertas puede variar de un año a otro (Pontoppidan y cols., 2009).

Si los cambios en el comportamiento de la hormiga benefician al hongo, entonces el sitio en donde la hormiga muere –el envés de las hojas a 25 cm de altura– debería proporcionar condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia y reproducción del hongo. Para comprobar estas ideas, la temperatura y la humedad fueron medidas a nivel del suelo, a 30 cm y 100 cm del suelo, así como a 5 m, 10 m, 15 m, 20 m y 25 m de altura, de las 9:00 a las 15:00 h. Además, las hormigas infectadas por el hongo recién muertas fueron colocadas en el suelo y a 15 m de altura (Andersen y cols., 2009). La humedad fue alta y relativamente constante (93-95 %) del nivel del piso a 100 cm de altura, pero fue baja y variable (80-85 %) de 5 a 25 m. Por el contrario, la temperatura fue baja y relativamente constante (25-26 °C) del nivel del piso a 100 cm de altura, pero fue alta y variable (28-29 °C) de 5 a 25 m.

Los hongos en las hormigas que estaban en el suelo y a 15 m de altura tenían filamentos grises, en lugar de los filamentos cafés que tienen los hongos que están en las hormigas del envés de las hojas, a 25 cm de altura. Además, los hongos

en las hormigas del suelo y a 15 m nunca produjeron cuerpos fructíferos (Andersen y cols., 2009). Los sitios en donde mueren las hormigas tienen condiciones relativamente constantes de temperatura y humedad que favorecen el crecimiento y reproducción del hongo, mientras que el dosel de los árboles tiene condiciones variables de temperatura y humedad que dañan al hongo. Además, a nivel del suelo, las hojas secas y las partículas del suelo cubren al hongo perjudicando su crecimiento y reproducción (Andersen y cols., 2009).

Las mediciones de temperatura y humedad en el bosque muestran que los cambios en la conducta de la hormiga favorecen la supervivencia y reproducción del hongo, por lo que la relación entre estos organismos debe ser resultado de la evolución a lo largo de varios cientos o miles de años. En este sentido, en estudios hechos en Messel, Alemania, se encontró una hoja fósil de 48 millones de años de antigüedad de la planta *Byttneriopsis daphnogenes*, con 29 cicatrices alrededor de las venas secundarias (Hughes y cols., 2011a). Estas cicatrices pudieron haber sido hechas por una hormiga zombi, por lo que las cicatrices de la hoja fósil fueron comparadas con las cicatrices de hojas recientes hechas por la hormiga *C. leonardi*. Las comparaciones mostraron que las cicatrices en ambas hojas –la hoja fósil y la hoja reciente– tienen características morfológicas similares, por lo que seguramente fueron hechas por hormigas zombis. Esta evidencia sugiere que la relación entre el hongo y la hormiga podría existir desde mediados del Eoceno (Hughes y cols., 2011a).

En conclusión, algunos parásitos y parasitoides pueden causar cambios dramáticos en la conducta de sus hospederos. Sin embargo, es necesario determinar experimentalmente si dichos cambios benefician al parásito/parasitoide o si solo son una respuesta del hospedero a la infección que no les proporciona ningún beneficio. Los estudios de la relación entre el hongo *O. unilateralis* y la hormiga *C. leonardi* muestran que el sitio en donde muere la hormiga –el envés de las hojas a 25 cm de altura– tiene condiciones adecuadas de temperatura y humedad para la supervivencia y reproducción del hongo. Los cambios en la conducta de la hormiga causados por el hongo son resultado de un largo proceso evolutivo.

REFERENCIAS

Andersen SB, Gerritsma S, Yusah KM, Mayntz D, Hywel-Jones NL, Billen J, Boomsma JJ and Hughes DP (2009). The life of a dead ant: the expression of an adaptive extended phenotype. *The American Naturalist* 174:424-433.

Araújo JPM and Hughes DP (2016) Diversity of entomopathogenic fungi: which groups conquered the insect body? *Advances in Genetics* 94:1-39.

Bekker C, Will I, Das B and Adams R (2018). The ants (Hymenoptera: Formicidae) and their parasites: effects of parasitic manipulations and host responses on ant behavioral ecology. *Myrmecological News* 28:1-24.

Berdoy M, Webster JP and Macdonald DW (2000). Fatal attraction in rats infected with *Toxoplasma gondii*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 267:1591-1594.

Eberhard WG (2000). Spider manipulation by a wasp larva. *Nature* 406:255-256.

Hughes DP, Wappler T and Labandeira CC (2011a). Ancient death-grip leaf scars reveal ant–fungal parasitism. *Biology Letters* 7:67-70.

Hughes DP, Andersen SB, Hywel-Jones NL, Himaman W, Billen J and Boomsma JJ (2011b) Behavioral mechanisms and morphological symptoms of zombie ants dying from fungal infection. *BioMed Central Ecology* 11:13.

Müller CB (1994). Parasitoid induced digging behaviour in bumblebee workers. *Animal Behaviour* 48:961-966.

Pontoppidan MB, Himaman W, Hywel-Jones NL, Boomsma JJ and Hughes DP (2009). Graveyards on the move: the spatio-temporal distribution of dead *Ophiocordyceps*-infected ants. *PLoS One* 4:e4835.

Thomas F, Schmidt-Rhaesa A, Martin G, Durand P and Renaud F (2002). Do hairworms (Nematomorpha) manipulate the water seeking behaviour of their terrestrial hosts? *Journal of Evolutionary Biology* 15:356-361.

Wesolowska W and Wesolowski T (2014). Do *Leucochloridium* sporocysts manipulate the behaviour of their snail hosts? *Journal of Zoology* 292:151-155.

Héctor Godínez Álvarez
Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO)
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM
hgodinez@unam.mx

www.elementos.buap.mx

Sierra Cucapá: biodiversidad y espacio sagrado

Julio C. **Hernández-Hernández**

El paisaje desértico y agreste de la Sierra Cucapá, al sur de la ciudad de Mexicali, en Baja California (Figura 1), es un sitio de relevancia cultural, plagado de mitos, leyendas, cuentos y ceremonias ancestrales, habitado por los cucapá o "gente de río", una de las cuatro etnias yumanas que perseveran en Baja California, hace por lo menos 2 mil años que han habitado la región. Sin embargo, diferentes agentes han influido en el decremento de esta etnia amerindia, por lo cual la lengua cucapá está en alto riesgo de desaparición (Moseley, 2010). La sequía progresiva de la Sierra Cucapá amenaza con destruir antiguas formas de vida y cultura, además de la desaparición de un entorno ecológico que por miles años representó la armonización entre indígenas y la naturaleza (Alarcón-Chaires, 2001).

DIVERSIDAD DE ESPECIES

La Sierra Cucapá tiene una rica y delicada biodiversidad, producto de un proceso de especiación, demostrado por los niveles de endemismo y dada su naturaleza de macizo montañoso aislado. Sin embargo, los estudios sobre la sierra son escasos, razón por la cual no se cuenta con un inventario que se aproxime a su cuantificación, pero que, sin lugar a dudas, alberga una notoria riqueza de especies.

Figura 1. Vista de la Sierra Cucapá (Foto A. Monter-Pozos).

Figura 3. *Agave turneri*, especie endémica (Foto A. Monter-Pozos).

La Sierra Cucapá se caracteriza por su ambiente seco y muy caliente, durante el verano pueden alcanzarse los 50 °C. Predominan los matorrales desérticos compuestos principalmente de arbustos como la gobernadora (*Larrea tridentata*), hierba de burro (*Ambrosia dumosa*), palo fierro (*Olneya tesota*), cactáceas como la biznaga barril (*Ferocactus cylindraceus*) y un agave endémico (*Agave turneri*) (Figura 2 y 3) descrito como una nueva especie en el año 2011 (Webb y Salazar-Ceseña, 2011). Estas tres últimas especies se encuentran sujetas a protección en la legislación ambiental mexicana debido a su ámbito y hábitat restringidos, sequías prolongadas y su cercanía al área metropolitana de Mexicali.

En correspondencia con la diversidad vegetal, existe una evidente riqueza faunística. El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) (Figura 4), es una de las especies emblemáticas de Baja California que habita en la Sierra Cucapá. Esta especie es un símbolo cultural que ha sido ampliamente representada en grabados en piedra y pinturas rupestres, algunos pueblos originarios como los cucapá continúan llevando a cabo rituales en torno a esta especie. Uno de ellos es "La danza del borrego", plegaria para la buena caza, ya que este animal era un alimento esencial en su dieta (Encinas-Garza, 2015).

Dentro de la sierra encontramos el gato montés o lince (*Lynx rufus*), una de las dos especies de felinos presentes en Baja California, el venado bura (*Odocoileus hemionus*), la zorrita del desierto (*Vulpes macrotis*), especie que se encuentra en peligro de extinción; el coyote (*Canis latrans*), que ha sido

Figura 2. *Ferocactus cylindraceus*, especie sujeta a protección especial.

Figura 4. Borregos cimarrón, *Ovis canadensis*.

Figura 5. Rata canguro, *Dipodomys merriami*.

Figura 7. Cascabel cornuda del noroeste, *Crotalus cerastes*.

una especie transcendental en la mitología de los cucapá, y una gran diversidad de roedores silvestres, entre los que destacan los carismáticos juancitos (*Xerospermophilus tereticaudus*), que pertenecen a la familia de las ardillas terrestres y las ratas canguro (*Dipodomys merriami*) (Figura 5), caracterizadas por sus largas patas que las impulsan.

También hay diversas y fascinantes especies de reptiles vinculados a los diferentes tipos de sustrato y vegetación. Una de estas especies es la lagartija de collar (*Crotaphytus grismeri*) (Figura 6),

Figura 6. Lagartija de collar, *Crotaphytus grismeri* (Foto A. Monter-Pozos).

que se identifica por su llamativa coloración y una distribución muy restringida (microendémica); la iguana del desierto (*Dipsosaurus dorsalis*), las lagartijas comúnmente conocidas como "camaleones" o "llora sangre" (*Phrynosoma platyrhinos* y *Phrynosoma mcalli*); la lagartija cola de cebra (*Callisaurus draconoides*), estas dos últimas especies catalogadas como amenazadas, y la cascabel cornuda del noroeste (*Crotalus cerastes*) (Figura 7), cuyo nombre proviene del latín "cerasta", que significa cuerno, haciendo referencia a las escamas ampliadas que presenta encima de ambos ojos proyectadas hacia arriba (escamas supraoculares) (SEMARNAT, 2018).

Finalmente, la diversidad de aves en la Sierra Cucapá es incierta. No existen reportes en donde se haga mención que la sierra forme parte de la ruta migratoria del Pacífico para las aves, como es el caso de Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, y las lagunas de evaporación del campo geotérmico Cerro Prieto, ubicadas a un costado de la sierra (CONANP, 2007).

Las aves fueron relevantes en la cosmo-antropogénesis de los cucapá, nombrando a uno de sus cerros el Huishpá (cerro del Águila) como el centro ceremonial más importante donde se cantaba y danzaba por días seguidos (Ochoa, 1980; Bonilla-Vázquez, 2011).

También, aves silvestres como las codornices (*Callipepla gambelii*), palomas (*Zenaida asiatica*) y correcaminos (*Geococcyx californianus*) fueron

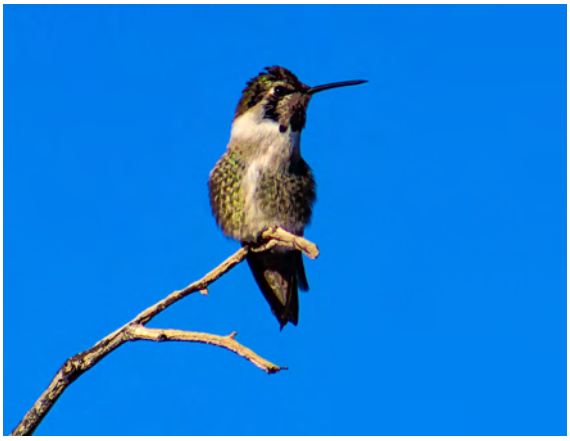


Figura 8. Colibrí cabeza violeta, *Calypte costae* (Foto A. Monter-Pozos).

parte de la dieta de este grupo indígena todavía durante la primera mitad del siglo XX (Delgado-Ramírez, 2017). Otras especies que podemos encontrar en la sierra son el chotacabras o tapacaminos (*Chordeiles acutipennis*), el colibrí cabeza violeta (*Calypte costae*) (Figura 8), el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) y el gavilán pecho canela (*Accipiter striatus*), ambas bajo protección, solo por mencionar algunas.

PRINCIPALES AMENAZAS

A pesar de su diversidad biológica y cultural, la Sierra Cucapá no cuenta con algún decreto de protección federal, estatal o municipal. Dentro de las zonas protegidas más cercanas se encuentra la Región Terrestre Prioritaria Sierra de Juárez, a 35 km al oeste, aislada de esta por la cuenca Laguna Salada, y 25 km al este la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (Ramírez, 2012), por lo que resalta la importancia de incorporar esta zona al sistema de áreas naturales protegidas. Aunado a lo anterior, dentro y alrededor de la sierra se realizan actividades que ponen en riesgo su biodiversidad, como la minería, la agricultura, el saqueo ilegal de especies para su comercialización (Mellink, 1995) y recientemente el denominado proyecto integral EcoZoneMX, que pretende llevar a cabo la extracción de materiales pétreos, manejo de residuos peligrosos y zonas habitacionales en las faldas de la sierra.

¿CÓMO PODEMOS PROTEGER LA BIODIVERSIDAD?

Es importante establecer las medidas necesarias para reducir o mitigar los impactos humanos dentro de la sierra, tomando en cuenta la heterogeneidad del paisaje que la compone. Por ejemplo, la presencia del borrego cimarrón (*O. canadensis*), considerada como especie bandera (especies carismáticas que sirven como símbolo para atraer el apoyo gubernamental, público o de posibles donantes, para la implementación de programas de conservación) en los ecosistemas árido-montañosos de su área de distribución en México y una de las especies cinegéticas más importantes a nivel nacional e internacional (SEMARNAP/INE, 2000), justifica la aplicación de estrategias de conservación como las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS), lo que ayudaría a proteger su hábitat e impedir su desaparición, como ha sucedido en otras zonas de la república (Huerta-García y cols., 2015). Asimismo, se requiere ampliar estas medidas a otras especies como el venado bura (*O. hemionus*), que también se encuentra en la lista de especies prioritarias para la conservación en México (SEMARNAT, 2014), la zorrita del desierto (*V. macrotis*), especie amenazada en México, así como la propagación de especies vegetales como el agave (*A. turneri*), el palo fierro (*O. tesota*) y la biznaga barril (*F. cylindraceus*), que presentan una distribución muy restringida, por lo que su supervivencia a largo plazo se encuentra comprometida.

En conclusión, en la Sierra Cucapá, además de ser un sitio solemne y sagrado para los cucapá, existen especies de flora y fauna de distribución disyunta y bajo conservación a las que resulta fundamental fortalecer con el trabajo de las instituciones que se encuentran dedicadas a describir y preservar la riqueza y biodiversidad de Baja California; asimismo, es urgente contar con mayor apoyo de las autoridades locales y federales para frenar la reducción y devastación ambiental de la sierra y, en la medida de lo posible, revertirlas.

© Aída Ortega. *La espera*, 2017.

© Aída Ortega. *Descentradas*, 2016.

REFERENCIAS

Alarcón-Chaires P (2001). Los indígenas Cucapá y la conservación de la naturaleza. El infortunio de vivir en un área natural protegida en México. *Ecología política* 22:117-129.

Bonilla-Vázquez FJ (2011). Los Cucapá, su pasado y el presente, México, CONACULTA.

CONANP (2007). Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D. F. Recuperado de: https://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/Final_AltoGolfo.pdf.

Delgado Ramírez CE (2017). Una aproximación a la cultura cucapá. *Cuicuilco, revista de ciencias antropológicas* 69:265-269.

Encinas-Garza JL (2015). Representaciones graficorrupestres del borrego cimarrón en Nuevo León y Coahuila. *Ciencia UANL. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León* 18(73):77-84.

Huerta-García A, Ramírez-Milanés MN, Valenzuela-Núñez LM y Abad-Zavaleta J (2015). Aprovechamiento del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) en unidades de manejo del noreste de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 2(6):339-347.

Mellink E (1995). The potential effect of commercialization of reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands. *Herpetological Nature History* 3:95-99.

Moseley C (2010). *Atlas of the World's Languages in Danger*. 3rd edn. Paris, UNESCO Publishing. Recuperado de: http://www.unesco.org/culture/en/endangeredlanguages/atlas.

Ochoa JA (1980). El origen del Río Colorado, el Golfo de California y el Valle de Mexicali en la tradición nativa cucapá. *Calafia* 4(2):51-76.

Ramírez J (2012). Efectividad de las áreas protegidas terrestres en la conservación de vertebrados endémicos de la península de Baja California. *Tesis Doctoral* (127 pp). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). La Paz, Baja California Sur.

SEMARNAP/INE (2000). *Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón* (*Ovis canadensis*) *en México*. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y pesca/Instituto Nacional de Ecología. México D. F.

SEMARNAT (2014). *Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación*. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334865&fecha=05/03/2014.

SEMARNAT (2018). Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Serpientes de Cascabel (*Crotalus spp*.). Recuperado de: https://www.conanp.gob.mx/pace/PACE_Serpientes_de_Cascabel.pdf.

Webb RH y Salazar-Ceseña JM (2011). *Agave turneri* (Agavaceae), a new species from Northeastern Baja California, Mexico. *Brittonia* 63(2):203-210.

Julio C. Hernández-Hernández
Pronatura Veracruz A. C.
jhernandez@pronaturaveracruz.org

© Aída Ortega. *El robo*, 2018.

www.elementos.buap.mx

¿Las lombrices de tierra tienen potencial biotecnológico?

Diana **Ortíz-Gamino**
Josefat **Gregorio**
Isabelle **Barois**

La biotecnología hace referencia al uso de organismos vivos o sus derivados para crear o modificar productos o procesos en beneficio de diversas áreas como la agricultura, la medicina o la industria. Desde los inicios de la humanidad, la biotecnología se ha practicado de manera empírica, por ejemplo, las cruzas hechas en la agricultura, al hacer pan o bebidas fermentadas. Actualmente, la biotecnología involucra la combinación del conocimiento generado por la biología (celular y molecular), la ecología, la química, la genética, la toxicología y la ingeniería, entre otras disciplinas.

La mayoría de las aplicaciones biotecnológicas para el medio ambiente y la agricultura se han orientado al uso de bacterias y hongos para remediación de suelos, biocontrol de patógenos, la generación de biofertilizantes y biocombustibles, así como la producción de compuestos orgánicos (ONU, 1992; Oliart-Ros y cols., 1992,). Sin embargo, existen otros organismos que se utilizan en menor proporción para propósitos biotecnológicos. Tal es el caso de las lombrices de tierra que han sido objeto de estudio de investigación básica, pero al conocer más sobre su ecología y fisiología se han desarrollado procesos tecnológicos con ellas.

Las lombrices de tierra y sus efectos en el suelo son conocidos desde la antigüedad. Aristóteles las llamó "los intestinos de la tierra", ya que literalmente mueven la tierra a través de sus intestinos. Darwin (1881) reconoció el papel importante de estos organismos en los ecosistemas a los que incluso les dedicó su último libro: "La formación de la capa vegetal a través de la acción de las lombrices".

La diversidad de lombrices no se conoce del todo, se estima que existen alrededor de 6,000 especies en el mundo y que pueden medir de 1 cm hasta 2 m de longitud. De acuerdo con la actividad que realizan, el desplazamiento en la horizontal y los hábitos alimenticios, las lombrices de tierra se clasifican en tres grupos funcionales: epigeas, endogeas y anécicas. En el primero se agrupan las lombrices de superficie, aquellas que se mantienen en los primeros centímetros del suelo y se alimentan de materia orgánica en descomposición. En este grupo se encuentran las especies de lombrices de tierra que se usan en lombricompostaje, así como aquellas que llegan a los montones de materia orgánica agrupada en el patio. Por otro lado, las endogeas viven dentro de los 30 cm de profundidad y se alimentan de materia orgánica y suelo (geofagia), construyen bioestructuras en estas profundidades, por lo que, cuando se encuentran presentes, cambian las propiedades físicas, químicas y bióticas del suelo. Finalmente, las anécicas son lombrices de tierra que tienen comportamientos de los dos grupos anteriores y se alimentan de materia orgánica en la superficie, pero son capaces de enterrarse a una profundidad de 1 m, tienen nidos y galerías permanentes y se encuentran sobre todo en zonas templadas (Lavelle y cols., 1997; Fragoso y Rojas, 2014).

Las lombrices de tierra se conocen como ingenieros del ecosistema, debido a la actividad que realizan en el suelo como la producción de excretas, la construcción de galerías y cámaras (bioestructuras) recubiertas por su mucus cutáneo o intestinal. Más recientemente se les ha mencionado como ingenieros bioquímicos o químicos por la modificación de la diversidad, abundancia y actividad de otros organismos que viven en el suelo como bacterias, hongos, nematodos, colémbolos, entre otros, también por la transformación de la materia orgánica que ingieren (Medina-Sauza y cols., 2019).

Todas las lombrices de tierra tienen una interacción obligada con bacterias y algunas especies de hongos. Por lo que el tracto digestivo de la lombriz y los microorganismos simbióticos han sido comparados con un biorreactor; es decir, un sistema donde ocurren procesos de bioxidación, reducción y estabilización de la materia orgánica y del suelo. Son estos procesos que realizan las lombrices de tierra los que se han aprovechado para la elaboración de lombricomposta, la biotecnología más conocida, con al menos 35 años de práctica en México (Aranda-Delgado y cols., 2011). Además del lombricompostaje, hay otras aplicaciones biotecnológicas que involucran a las lombrices, tales como bioindicadores ambientales, complementos alimenticios, paquetes biotecnológicos para el crecimiento de plántulas y remoción de metales pesados e hidrocarburos.

LOMBRICOMPOSTAJE

El lombricompostaje es el proceso para obtener materia orgánica estabilizada (humus, lombricomposta, biofertilizante), lixiviado o té de lombricomposta y los metabolitos producidos por los microorganismos y la propia lombriz de tierra. Los productos finales que se obtienen del lombricompostaje son las excretas de lombrices de tierra epigeas, las cuales se generan a partir de que las lombrices consuman la materia orgánica como estiércol, restos de podas, comida o pulpa de café. Entre las lombrices de tierra que se usan para el lombricompostaje, las más usadas son *Eisenia andrei* y *Eisenia fetida*, mal llamadas "roja californiana", ya que su origen es europeo. Sin embargo, en México existen otras especies de lombrices de tierra epigeas con potencial para actividades de lombricompostaje, entre ellas están *Perionyx excavatus*, *Lumbricus rubellus, Eudrillus eugeniae* y *Dichogaster*

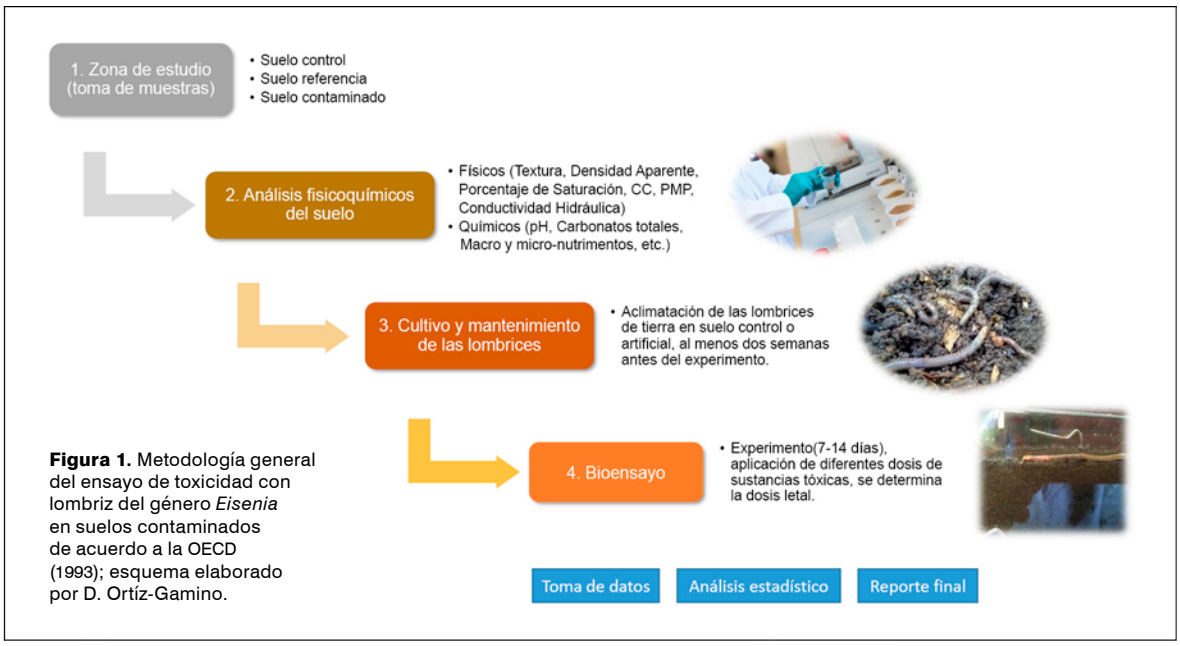


Figura 1. Metodología general del ensayo de toxicidad con lombriz del género *Eisenia* en suelos contaminados de acuerdo a la OECD (1993); esquema elaborado por D. Ortíz-Gamino.

annae (Martínez, 2006), que tampoco son originarias de México.

Los efectos directos en las plantas al aplicar lombricomposta son muy conocidos. Hay un mayor número de hojas y frutos, el tamaño de la planta aumenta, así como el sistema radicular es más abundante. Entre los efectos indirectos que se conocen se puede mencionar la inhibición de patógenos por el aumento de la actividad de los organismos benéficos para las plantas como bacterias, hongos, colémbolos y nematodos. Además de lo anterior, los compuestos orgánicos contenidos en la lombricomposta (polisacáridos, antibióticos, enzimas, moléculas promotoras de crecimiento entre otros), benefician de manera indirecta al crecimiento de las plantas.

De tal manera que todo este conocimiento sobre el efecto de la lombricomposta en las plantas ha sido aplicado para diversos semilleros y cultivos frutales (fresa, cítricos, melón, papaya y plátano), hortalizas (tomate, chile, lechuga, brócoli, ajo, maíz, frijol), ornamentales (petunia, geranio, caléndula y crisantemo) y especies forestales (acacia, eucalipto, álamo, pino, liquidámbar) (Adhikary, 2012).

Hay también un efecto directo de la lombricomposta sobre las propiedades del suelo, ya que se incorpora gran cantidad de materia orgánica, bacterias y hongos por lo que hay una "restauración" o modificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo. Sin embargo, los primero cambios después de su aplicación son en retención de la humedad por el aporte de materia orgánica. Sin embargo, también por la secreción viscosa rica en polisacáridos que se desprende del cuerpo de todas las lombrices, las sales y los nutrientes que se concentran y el pH se neutraliza, cambiando finalmente las comunidades bacterianas y fúngicas (Aranda-Delgado y cols., 2011; Medina-Sauza y cols., 2019).

Durante el proceso de lombricompostaje es necesario mantener la humedad por encima del 60 %, por lo que se agrega agua constantemente. El lixiviado es el líquido que escurre del área de lombricompostaje, tiene una combinación de macro, micronutrientes, microorganismos y moléculas que son acarreados por el agua y que pudieran tener un efecto en corto tiempo en las plantas o en el suelo, por lo que se ha utilizado como biofertilizante líquido. En la ciudad de Xalapa, Veracruz, los lixiviados de lombricomposta casera se han usado como un pegamento biodegradable para unir cáscara de coco con la que se elaboran

macetas, obteniéndose un recipiente biodegradable con una vida útil de aproximadamente dos años (El Portal.Mx).

CRECIMIENTO DE PLANTAS

Las lombrices de tierra junto con otros organismos del suelo hacen disponibles los nutrimentos del suelo para el crecimiento y productividad de las plantas. Por ejemplo, las lombrices de tierra endogeas, al consumir el suelo y construir galerías, favorecen que el agua se infiltre más fácilmente en el suelo, además de permitir una mejor aireación y retención de la humedad. Así, las lombrices de tierra no solo favorecen una mayor disponibilidad de nutrimentos de rápida asimilación para las plantas, sino que, la presencia de estas modifica los recursos y condiciones del suelo que incluso pueden impactar en el control de los depredadores que atacan a las raíces de las plantas, a través de estimular el desarrollo de bacterias promotoras de crecimiento.

Una población de lombrices de tierra en una hectárea puede ingerir de 400 a 1,500 toneladas de suelo por año, por lo que su presencia en el suelo tiene un impacto importante (Medina-Sauza y cols., 2019).

Pontoscolex corethrurus es una especie tropical que se ha utilizado con la finalidad de incrementar el crecimiento de plántulas, ya que es de amplia distribución en el mundo y puede ser usada en los lugares donde ya se encuentra. Se ha visto un efecto positivo en las especies *Quercus insignis* (roble blanco) y *Mucuna pruriens* (mucuna). Dichos efectos dependen de muchos factores, entre ellos el tipo de suelo y la variedad de planta a utilizar. Sin embargo, se ha visto que en general, el efecto que tiene esta lombriz de tierra radica en el impacto que tiene en el sistema radicular y, por ende, en la planta completa.

Es importante mencionar que *P. corethrurus* se ha probado sus efectos benéficos en el crecimiento de algunas especies de plantas, como maíz (*Zea mays*), vainilla (*Vanilla planifolia),* achiote (*Bixa Orellana*), guayaba amazónica (*Eugenia stipitata*) y té negro (*Camellia sinensis)*, convirtiéndola en una lombriz sumamente interesante para la biotecnología (Cooper, 2010).

BIOINDICADORES

Otro uso que se ha dado a las lombrices de tierra es el de bioindicadores; se emplean para correlacionar factores ambientales y densidad poblacional, presencia o ausencia de ciertas especies, rasgos morfométricos, composición de comunidades, acumulación de elementos en el cuerpo de estos organismos, y así, emitir algunas generalizaciones del ambiente.

Dicha utilidad de las lombrices como bioindicadores se debe a que estas poseen una alta sensibilidad a los cambios a las propiedades físicas, químicas y biológicas, o a los procesos que ocurren en el suelo. Ya que su cuerpo está constituido en gran parte por agua, la humedad es un factor determinante en la vida de estos organismos. Su respiración es cutánea, lo cual la hace muy sensible a la

© Aída Ortega. *Te pido*, 2017.

presencia de sustancias tóxicas y con posibilidad de absorción por contacto con su piel o por ingestión.

En general, hay tres categorías de bioindicadores: los ecológicos, los ambientales y de biodiversidad. Las especies que se usan como indicadores ecológicos son aquellas que son sensibles a la contaminación, la fragmentación del hábitat o algún otro tipo de estrés (Gerhardt, 2002). En esta categoría se pueden considerar a las especies de lombrices de tierra nativas, tales como *Balanteodrilus pearsei*, *Diplotrema murchiei*, *Protozapotecia aquilonalis* y *Lavellodrilus parvus*, quienes viven en las regiones tropicales de México. De todas ellas, solo con *Balanteodrilus pearsei* se ha hecho investigación cuantitativa como indicador ecológico (Fragoso y Rojas, 2014).

En el caso de los indicadores ambientales, son aquellas especies de lombrices de tierra que sirven para monitorear las mudanzas en el ambiente mediante la detección de cambios en la composición del suelo, de tal forma que estas especies de lombriz de tierra se han usado como centinelas, detectores, acumuladores u organismos de bioensayo. En el último caso, se han empleado las especies *E. andrei* y *E. fetida* como organismos de bioensayo para monitorear la toxicidad de algunos compuestos como metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos (Cooper y Roch 2003).

Para estos ensayos los métodos de prueba se estandarizaron en 1993, 1998 y 2007 por la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD), con algunas modificaciones (Figura 1).

Además del suelo de referencia que posee características fisicoquímicas similares al sitio contaminado, pero sin contaminación, ahora también se usa un sustrato sintético como un suelo de referencia. Esto ayuda a llegar a conclusiones más cercanas a lo que ocurre en la realidad; es decir, lo que ocurre en el suelo contaminado con respecto al suelo sin contaminación (ISO, 1993; Marrero y cols., 2018).

Al hacer estas pruebas exclusivamente con *E. fétida y E. andrei*, que son epigeas y que no ingieren suelo, se ha explorado la opción de usar especies endogeas, ya que estas últimas sí se alimentan del suelo.

Finalmente, los indicadores de biodiversidad han sido utilizados para evaluar parámetros o variables de la biodiversidad; por ejemplo, la riqueza de especies y endemismos, parámetros genéticos como la diversidad alélica y la heterocigosidad, así como las relaciones especies-poblaciones o comunidades-ecosistemas (Gerhardt, 2002). Este tipo de trabajo con lombrices de tierra se ha realizado en menor proporción si se compara con su uso como bioindicadores ecológicos y ambientales. Sin embargo, la evaluación de la diversidad con lombrices de tierra tiene su mérito en que son trabajos complejos e involucran el esfuerzo de muestreo necesario para tener organismos representativos de una comunidad. Sin embargo, las comunidades de lombrices de tierra están integradas en promedio por 6 especies de lombrices de tierra y con un máximo de 15 a 20 especies, lo cual hace posible su estudio, a diferencia de una comunidad de hormigas donde puede haber más de 200 especies diferentes.

© Aída Ortega. *Interestelar*, 2016.

COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS Y FÁRMACOS

Debido a que las lombrices de tierra están compuestas de un 50-70 % de proteína en base seca, además de minerales, particularmente Hierro (Fe) y Calcio (Ca), aminoácidos esenciales y ácidos grasos, las lombrices de tierra pueden ser usadas como complemento alimenticio para cría de peces, gallinas y otros animales domésticos; el harina de lombriz de tierra tiene un olor semejante a la de pescado.

Actualmente esta actividad es derivada del lombricompostaje, por lo que las especies más usadas son las *Eisenia spp*, por lo que, además de obtener el abono orgánico, se alimenta a las gallinas con una fuente proteica de bajo costo. En México se han realizado muy pocos esfuerzos para elaborar harina a partir de lombrices de tierra. Esto se debe a que el proceso es largo, ya que es necesario cumplir con las normas de inocuidad; es decir, que el producto esté libre de sustancias y organismos dañinos para la salud humana. Las limitantes para que este producto sea un complemento alimenticio para humanos se deben principalmente a los prejuicios que existen alrededor del consumo del mismo y la poca o casi nula investigación que hay al respecto en este país (Sales, 1996).

En algunas otras regiones del mundo, por ejemplo en China, las lombrices de tierra forman parte de la medicina tradicional debido al conocimiento heredado de generación en generación. Actualmente se está estudiando de manera fina el sistema inmune que poseen las lombrices de tierra y el contenido proteico de su tejido, lo cual ha llevado a la producción de unos fármacos como la *Lumbrokinase*, nombre del compuesto activo, que es una enzima con actividad fibrinolítica aislada de *Lumbricus rubellus* y es usada para prevenir o tratar enfermedades cardiovasculares o cardiacas. Otras proteínas que están en proceso de investigación y que fueron aisladas de *E. fetida* son las fetidinas, proteínas termolábiles, multifuncionales y responsables de citólisis, reacción antibacteriana y coagulación

© Aída Ortega. *Susurros*, 2018.

que también podrían ser promisorias en el tratamiento de ciertos cánceres (Cooper y Roch, 2003).

REFLEXIÓN FINAL

En este documento enlistamos varias aplicaciones con fines prácticos y biotecnológicos que tienen las lombrices de tierra, particularmente en el sector agrícola y de manejo de residuos. En el sector salud y farmacéutico las lombrices de tierra pueden usarse como modelos de estudio y, además, como fuente de sustancias activas para tratar ciertas enfermedades. Los mecanismos de la regeneración celular y de tejidos no han sido completamente abordados, pero algunas especies de lombrices de tierra son capaces de regenerar parte de su cola y tienen ciclos de vida más cortos y menos complejos que los organismos que son modelos de regeneración celular, como el axólotl.

Otro dato de interés y que podría profundizarse más para fines prácticos en sector salud es que los seres humanos y las lombrices de tierra comparten alrededor de 220 genes conservados.

© Aída Ortega. *Pensamiento*, 2017.

En conjunto, la importancia que tienen las lombrices de tierra desde la perspectiva evolutiva y ecológica es sumamente interesante. Siendo organismos tan ancestrales como los moluscos y, por ende, con un genoma que ha transitado por una serie de ambientes, desde los más extremos hasta las condiciones más conservadas, cada vez son más los estudios que toman como modelo a estos organismos por su gran importancia biológica y las posibilidades que ofrecen en tantas aplicaciones de numerosas áreas de la ciencia.

REFERENCIAS

Adhikary S (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences* 3(7): 905-917

Aranda-Delgado E, Barois I, Santos BM and Hernández Castellanos B (2011). Vermicomposting, research and activities in Mexico En. Edwards CA, Arancon NQ, Sherman R (Ed). *Vermiculture Technology, Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* (pp. 507-532), CRC Press. Boca Ratón, USA.

Avendaño-Yáñez ML, Ortiz-Ceballos ÁI, Sánchez-Velásquez LR, Pineda-López M R and Meave JA (2014). Synergic effect of *Mucuna pruriens* var. Utilis (Fabaceae) and *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae) on the growth of *quercus insignis* (fagaceae) seedlings, a native species of the mexican cloud forest. *Open Journal of Forestry* 4(1):1-7.

Cooper EL (2010). Earthworms: Harnessing one of nature's cancer killers. *Oncology NEWS International, News & Analysis* 19(7):21-23.

Cooper EL and Roch P (2003). Earthworm immunity: a model of immune competence. *Pedobiologia* 47:676-688.

Fragoso C y Rojas P (2014). Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata). *Revista Mexicana de Biodiversidad,* Supl. 85:S197-S207.

Gerhardt A (2002). Indicator species in biomonitoring. En *Support systems* (ed. UNESCO) Encyclopedia of Life, EOLSS Publishers, Oxford, UK.

ISO, International Organization for Standardization (1993). Soil quality –effects of pollutants on earthworms– Part 1: determination of acute toxicity using artificial soil substrate and part 2: determination of effects on reproduction ISO 11268-1. Geneva, Switzerland.

Lavelle P, Bignell D, Lepage M, Wolters V, Roger P, Ineson P, Heal OW and Ghillion S (1997) Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol*. 33:159-193.

Marrero O, Aguila E, Castañedo Z, Hernández R, Meneses-Marcel A y Mederos YY (2018). Evaluación de la toxicidad del Vitrofural® en agar sobre lombriz de tierra. *Biotecnología Vegetal* 18(1):31-36.

Martínez C (2006). *Ficha técnica Lombricultura.* SAGARPA. Texcoco, Edo. México.

Medina-Sauza RM, Álvarez-Jiménez M, Delhal A, Reverchon F, Blouin M, Guerrero-Analco JA, Cerdán CR, Guevara R, Villain L and Barois I (2019). Earthworms Building Up Soil Microbiota, a Review. *Frontiers in Environmental Science* 7:81.

Oliart-Ros RM, Manresa-Presas A y Sánchez-Otero MG (2016). Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico. *Ciencia UAT* 11(1):79-90.

ONU, Organización de las Naciones Unidas (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992. Recuperado de: http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf.

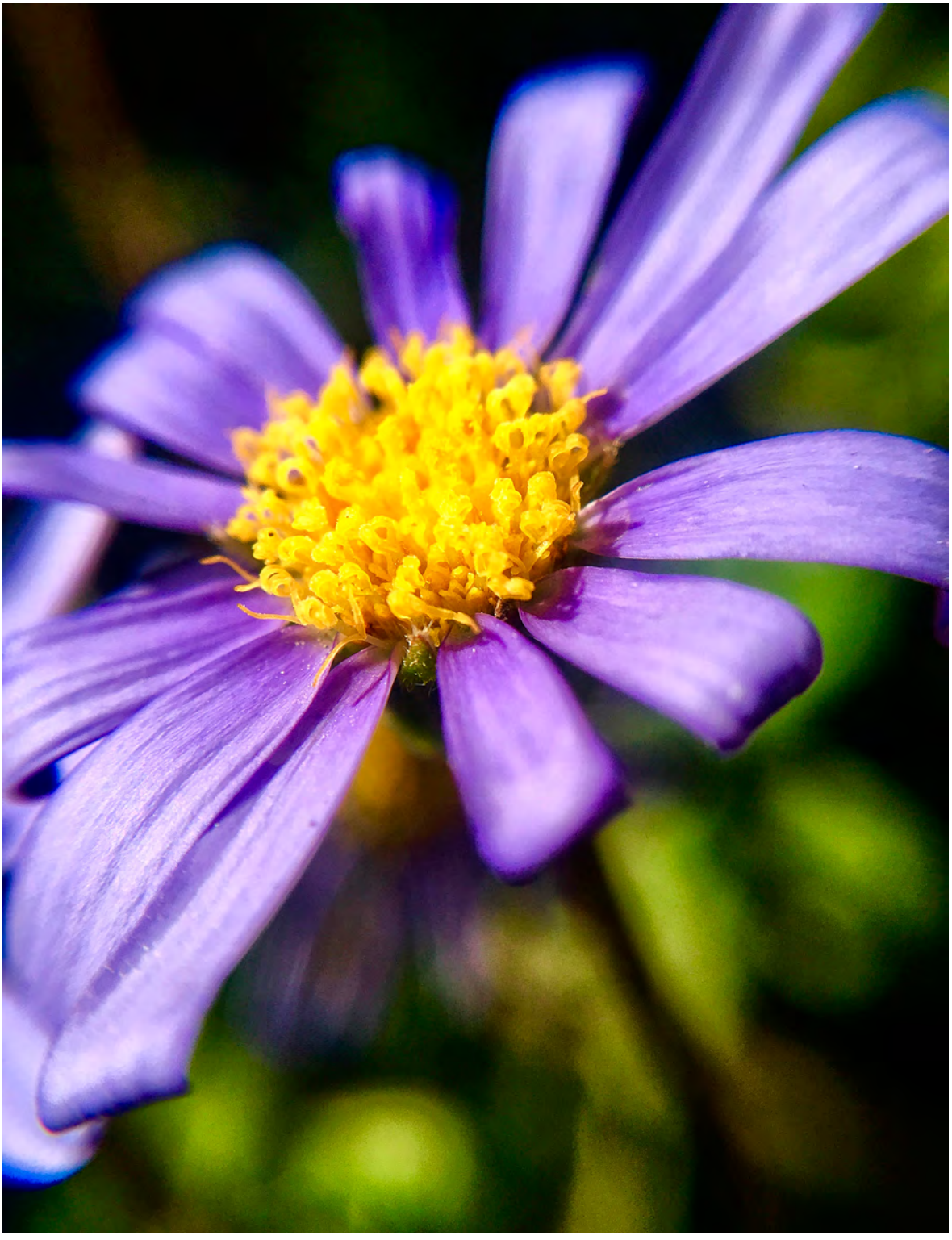
Sales F (1996). Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. *Perú. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana* 8(2):77-90.

Diana Ortíz-Gamino
Núcleos de Investigación Indígena Aplicada (NIIAP)
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas
diana.gamino@gmail.com

Josefat Gregorio
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Universidad Politécnica de Tlaxcala

Isabelle Barois
Instituto de Ecología, INECOL S. A. de C. V.

© **Aída Ortega.** *La verdad*, 2019.



Evaluación biológica de los nanomateriales.

Una visión hacia su regulación

Carmen **González**
Gabriela **Navarro-Tovar**
Erick **Gómez Martínez**

El incremento en la generación y desarrollo de nanomateriales (NMs) destinados para diversas aplicaciones en salud y biomedicina, agroindustrial-alimentaria, ambiental, electrónica, textiles, entre otros, ha llevado a diversos grupos y organizaciones científicas a realizar estudios que apoyen la evaluación del impacto ambiental y de la salud. En México, aún no existe un organismo oficial que regule el uso y manejo de los nanomateriales, es por ello que instituciones académicas han conjuntado esfuerzos, y a través de la Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, integraron en 2015 el Sistema Nacional de Evaluación Toxicológica de Nanomateriales (SINANOTOX) para compartir los conocimientos en el ámbito toxicológico de los nanomateriales. En una segunda etapa, SINANOTOX ofrecerá servicios de evaluación de nanomateriales a las empresas e instituciones académicas.

El Laboratorio de Fisiología Celular de la UASLP forma parte de SINANOTOX y emplea sistemas fisiológicos para la evaluación de nanomateriales, en este laboratorio se evalúan cambios en la actividad muscular (contracción o relajación), asociado a la cuantificación de marcadores

	Ejemplos de NMs	Propiedades físicas/químicas	Aplicaciones
Basados en carbono	Fulerenos Nanotubos Grafeno	Estable, reactividad limitada, excelente conducción térmica y eléctrica	• Biomedicina • Celdas fotovoltaicas • Industria automotriz y espacial
Basados en metales	Nanopartículas de oro, plata y óxidos de metales	Fotovoltaica, capacidad de bloquear los rayos UV y alta reactividad	• Celdas solares • Pinturas • Cosméticos y bloqueador solar • Remediación ambiental
Puntos cuánticos	1 nm 10 nm Núcleo de materiales conductores o semiconductores (menores a 10 nm)	Los metales o semiconductores que componen el núcleo controlan las propiedades	• Bioimagen médica • Terapéutica dirigida • Celdas solares • Fotónica y telecomunicaciones
Dendrímeros	Estructuras ramificadas y 3D de polímeros	Nanoestructuras capaces de transportar fármacos	• Transporte y liberación de fármacos • Sensores químicos
Nanomateriales compuestos	Combinación de dos tipos de materiales	Componentes multifuncionales con novedosas características	• Transporte y liberación de fármacos • Detección de cáncer • Mejora propiedades mecánicas de otros materiales

Tabla 1. Clasificación de los nanomateriales. Elaborada con información de la Agencia de Protección Ambiental. (Enviromental Protection Agency, 2017).

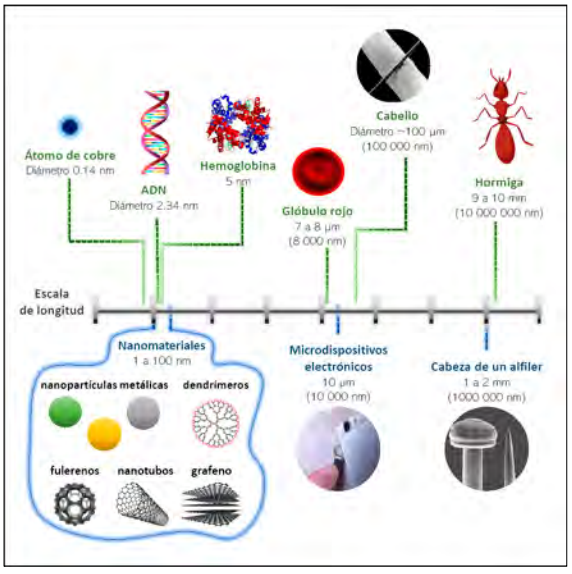
biológicos, como el óxido nítrico (NO). Esto ha llevado a proponer mecanismos celulares que derivan de la exposición a nanomateriales.

UN PANORAMA GENERAL DE LOS NANOMATERIALES, LA NANOCIENCIA Y LA NANOTECNOLOGÍA

La palabra "nano" deriva de la palabra del latín "*nanus*" y de la palabra griega "*νᾶνος*", cuyo significado es "enano". Un nanomaterial es un material con dimensiones en la nanoescala, o bien, que tiene un radio de área específica/volumen (A/V) mayor a 60 m^2/cm^3 (European Comission, 2012). El origen de los nanomateriales puede ser natural o antropogénico. La Environmental Agency Protection (EPA) y la European Journal of Pharmaceutical and Medical Research (EJPMR) clasifican a los nanomateriales en cuatro tipos principales según de que estén constituidos, como se puede observar en la Tabla 1 (EPA, 2017; Malik, 2020).

Las nanociencias se refieren al estudio de la materia en la escala nano y al análisis de sus propiedades fisicoquímicas, mientras que la nanotecnología se enfoca en la aplicación del conocimiento para manipular y controlar nanomateriales para el diseño,

Figura 1. Comparación de la escala nanométrica. El tamaño y dimensiones de algunos nanomateriales son similares al de algunas estructuras biológicas y el contraste con objetos cotidianos pone en contexto la escala milimétrica, micro y nano. Donde nm son nanómetros, μm son micrómetros y mm son milímetros. Elaborado a partir de la información de Dolez, 2015; Panneerselvam & Choi 2014.



producción y aplicación en estructuras, dispositivos y sistemas en diversas áreas (Kolahalam y cols, 2019). La Figura 1 muestra una comparación en las dimensiones de estructuras nanométricas, moléculas menores a 1 nm, y objetos mayores a 100 nm.

El uso de nanotecnología no es algo nuevo, se ha usado pinturas con nanopartículas de oro y plata en iglesias construidas en la Edad Media, en donde los artesanos las utilizaban para dar tonalidades rojas y amarillas a ventanales. Sin embargo, el primer científico en llamar la atención en este ámbito fue Richard Feynman, quien en 1959 plantea la idea de incluir los 24 volúmenes de la Enciclopedia Británica en la punta de un alfiler. En 1974, Norio Taniguchi acuña la palabra "nanotecnología", y en 1981, Gerd Binning y Heinrich Rohrer, de la compañía IBM, desarrollaron el primer Microscopio de Efecto Túnel con el cual fue posible observar la materia en la nanoescala. Seguirían descubrimientos importantes como el de los fullerenos en 1985, y el crecimiento controlado de nanotubos de carbono en 1991 (Dolez, 2015). Como ejemplo del impacto de los nanomateriales en la salud, hemos elegido a las nanopartículas de plata y los nanotubos de carbono debido sus potenciales propiedades antimicrobianas, pero también por sus efectos biológicos con impacto en la toxicología.

LOS NANOTUBOS DE CARBONO

Estos materiales están compuestos mayoritariamente por carbono y pueden clasificarse en fulerenos, grafeno, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono y carbono negro. La mayoría de ellos toman forma de esferas huecas, elipsoides o tubo, los nanomateriales de carbono cuya forma es cilíndrica son llamados nanotubos. Los nanotubos de carbono (CNTs) están integrados por átomos de carbono (hojas o panales de grafeno), los cuales están enrollados a manera de cilindro, típicamente tienen diámetros de 1 a 50 nm y una longitud de varios micrómetros, pueden ser de pared simple o múltiple. Estos materiales son 200 veces más fuertes que el acero y son los materiales más livianos y con mayor conductividad (5 veces mayor a la del cobre) que se conocen. Se utilizan en recubrimientos para crear materiales más fuertes y livianos en electrónica e ingeniería aeroespacial (Malik, 2020).

NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AgNPs)

Las nanopartículas sintetizadas de metales a tamaños nanométricos se conocen como nanopartículas metálicas y tienen propiedades tales como alta relación superficie/volumen, alta carga superficial, diferente color, actividad óptica y reactividad. Las AgNPs tienen diferentes formas, la más común es esférica y pueden tener capas de material orgánico recubriéndolas, o bien, ser parte de la superficie de otro nanomaterial. Las AgNPs son conocidas por sus propiedades antibacteriales y son utilizadas en una amplia gama de productos comerciales.

EL IMPACTO DE LOS NANOMATERIALES EN EL MEDIO AMBIENTE

Los nanomateriales pueden ser liberados al ambiente desde su fabricación, aplicación, disposición y tratamiento de residuos (EPA, 2017). En el medio ambiente, pueden interactuar con otros contaminantes para formar compuestos mixtos, o bien, sufrir aglomeración, agregación, adhesión, difusión, disociación o degradación. Los organismos acuáticos y terrestres están expuestos y absorben los nanomateriales que se bioacumulan y se integran a la cadena trófica (Figura 2), por lo que el contacto con los humanos puede darse de manera directa en el medio ambiente, o por la ingesta de alimentos contaminados con nanomateriales. Diversos nanomateriales no biodegradables como cerámicos, metales y óxidos metálicos podrían permanecer en el medio ambiente y organismos vivos por décadas. Por ejemplo, los fulerenos de carbono son insolubles en agua, lo que los mantiene por meses o años en sistemas acuosos, permitiendo así una exposición crónica a sistemas y ambientes biológicos (EPA, 2017).

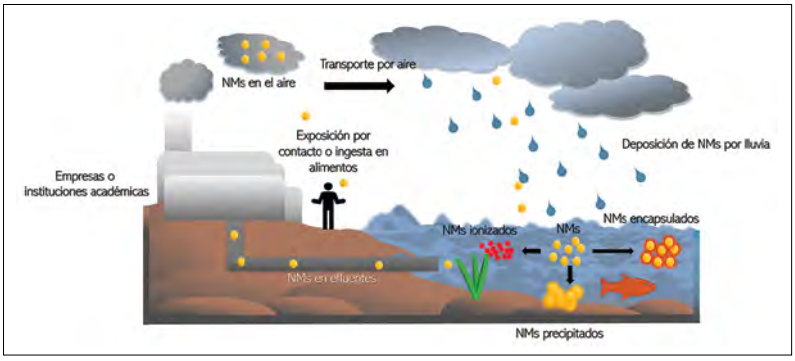


Figura 2. Liberación y exposición de NMs al medio ambiente. Ruta de transporte de los nanomateriales, liberación en el medio ambiente y posibles rutas de exposición en humanos y otros seres vivos. Adaptado de la página de Grassian V, Universidad de Iowa (https://chem.uiowa.edu/grassian-research-group/impact-manufactured-nanomaterials-metal-and-metal-oxides-the-environment) y con información de Kabir y cols., 2018.

ALGUNOS EFECTOS TÓXICOS DE LOS NANOMATERIALES

Los nanomateriales pueden ingresar al organismo, ya sea por ingestión a través de los alimentos, contacto dérmico por uso de productos como maquillaje, lociones o cremas, o por inhalación. Muestran distintas propiedades toxicológicas debido a que su tamaño es similar al de algunas proteínas (Figura 1). Cuando los nanomateriales entran en contacto con el organismo se distribuyen en células, tejidos, órganos y sistemas a través de la circulación sanguínea por medio del aparato cardiovascular, y pueden llegar al sistema respiratorio. Una vez que ingresan en el organismo pueden depositarse en células, tejidos u órganos, causando diversos efectos tóxicos (Gutiérrez-Praena y cols., 2009).

Sin embargo, es muy importante mencionar que no todos los nanomateriales ejercen efectos tóxicos, esto depende de la composición química, tamaño, forma y, en particular, del blanco biológico. Algunos de los mecanismos de toxicidad reportados para los nanomateriales incluyen: 1) la oxidación de membranas celulares por la formación de especies reactivas de oxígeno y otros radicales libres, que cambian la estructura química de los lípidos y desencadenan acciones dañinas para las células; 2) alteraciones del DNA; 3) cambios estructurales en las proteínas de las membrana celulares, y 4) activación de la síntesis de mediadores inflamatorios (Sukhanova y cols., 2018). Lo que desencadena la muerte de las células y, por lo tanto, afecciones varias en el ser humano, por ejemplo, liberación de citocinas, muerte de células nerviosas, fallas cardiacas y respiratorias.

La Tabla 2 muestra los estudios que nuestro grupo de investigación ha realizado en el Laboratorio de Fisiología Celular de la UASLP, enfocados en las AgNPs y CNTs que demuestran cambios en la tonicidad del músculo liso tráquea, aorta y en el músculo cardiaco de roedores, promoviendo procesos como hiperreactividad, cambios en la presión arterial y alteraciones en el miocardio, que a su vez pueden relacionarse con variaciones en los niveles de algunos biomarcadores como el óxido nítrico (NO), radical libre de tiempo de vida muy corta, y con efectos duales, a bajas concentraciones es broncodilatador y vasodilatador, pero a altas concentraciones es citotóxico (Rosas-Hernández y cols., 2009).

ORGANIZACIONES RELACIONADAS CON LA REGULARIZACIÓN DE USO DE NMs

A nivel mundial se han implementado regulaciones jurídicas y normas para minimizar y evitar riesgos asociados a los nanomateriales. Aunque por el momento no existe una regulación internacional específica para su evaluación toxicológica, sí existen departamentos federales que tratan de controlar su fabricación y disposición, así como sus posibles riesgos a la salud y medio ambiente. Estados Unidos y la Unión Europea cuentan con organismos reguladores y legislaciones normativas para controlar los riesgos potenciales de los nanomateriales (EPA, 2017).

AgNPs					
Tejido	**Efecto en el músculo**	**Presencia de epitelio**	**Pretratamiento del tejido**	**Biomarcador (óxido nítrico)**	**Referencia**
Aorta	Vasoconstricción o vasodilatación a bajas y altas concentraciones, respectivamente	Sin epitelio los efectos son bloqueados	Fenilefrina	Disminuye la producción	(Rosas Hernández y cols., 2009)
Tráquea	Contracción	Estudio hecho con epitelio	Acetilcolina	Incrementa la producción	(González y cols., 2011)
Corazón perfundido sano	Disminución de la presión de perfusión y presión del ventrículo izquierdo a bajas concentraciones. Contractilidad cardiaca y estrés oxidativo a altas concentraciones	No aplica	No aplica	Incrementa la producción	(Ramírez-Lee y cols., 2017)
Corazón perfundido diabético	Vasoconstricción, contractilidad cardiaca y estrés oxidativo	No aplica	No aplica	Disminuye la producción	(Ramírez-Lee y cols., 2017)
Corazón perfundido hipertenso	Vasoconstricción, contractilidad cardiaca y estrés oxidativo	No aplica	No aplica	Incrementa la producción	(Ramírez-Lee y cols., 2018)
SWCNTs					
Tejido	**Efecto en el músculo**	**Presencia de epitelio**	**Pretratamiento del tejido**	**Biomarcador (óxido nítrico)**	**Referencia**
Aorta	Vasodilatación	Estudio hecho sin epitelio	Acetilcolina	Sin efecto en la producción	(Gutiérrez-Hernández y cols., 2015)
Tráquea	Contracción	Estudio hecho con epitelio	Acetilcolina	Sin efecto en la producción	(González y cols., 2016)

Tabla 1. Antecedentes del Laboratorio de Fisiología Celular en el estudio del perfil fisiológico de nanotubos de carbono y AgNPs en estructuras del sistema cardio-respiratorio.

En México los nanomateriales se normalizan mediante el Comité Técnico Nacional de Normalización en Nanotecnologías (CTNNN) del Centro Nacional de Metrología (CENAM). El CTNNN ha aprobado Normas Mexicanas (NMX) como: NMX-R-27687-SCFI-2014, NMX-R-80004-1-SCFI-2014 y NMX-R-80004-3-SCFI-2014, en las que se plantean terminologías y definiciones para nano-objetos, nanopartículas, nanofibras y nanoplacas, conceptos básicos y nano-objetos de carbono, respectivamente (Vázquez Muñoz & Huerta Saquero, 2018). Sin embargo, las Normas Mexicanas, a diferencia de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son recomendaciones y lineamientos voluntarios, por lo que no se puede obligar a una empresa o institución pública a seguir las directrices descritas en una NMX. Es por ello que los esfuerzos de SINANOTOX son promisorios para construir una regulación oficial adecuada para la obtención, uso y confinamiento de nanomateriales en sus diferentes campos de aplicación.

REFERENCIAS

Dolez PI (2015), Nanomaterials Definitions, Classifications, and Applications. En *Nanoengineering* (pp. 3-40). Elsevier.

Environmental Protection Agency, U. S. (2017). Technical Fact Sheet -Nanomaterials. United States Environmental Protection Agency.

European Commission. (2012). Types and uses of nanomaterials, including safety aspects. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF.

Gonzalez C, Salazar-García S, Maldonado-Ortega DA, Ramírez-Lee MA and Gutiérrez-Hernández JM (2016). Role of single walled carbon nanotubes (SWCNTs) on the airway smooth muscle. De Gruyter Open. *Mesoporous Biomater* 3:102-107.

© **Aída Ortega.** *Universo*, 2018.

Gonzalez C, Salazar-García S, Palestino G, Martínez-Cuevas PP, Ramírez-Lee MA, Jurado-Manzano BB, Rosas-Hernández H, Gaytán-Pacheco N, Martel G, Espinosa-Tanguma R, Biris AS and Ali SF (2011). Effect of 45nm silver nanoparticles (AgNPs) upon the smooth muscle of rat trachea: Role of nitric oxide. *Toxicology Letters* 207(3):306-313.

Gutiérrez-Hernández JM, Ramírez-Lee MA, Rosas-Hernández H, Salazar-García S, Maldonado-Ortega DA, González FJ and González C (2015). Single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) induce vasodilation in isolated rat aortic rings. *Toxicology in Vitro* 29(4):657-662.

Gutiérrez-Praena D, Jos A, Pichardo S, Puerto M, Sánchez-Granados E, Grilo A y Cameán A (2009). Nuevos riesgos tóxicos por exposición a nanopartículas. *Revista de Toxicología* 26(2-3):87-92.

Kabir E, Kumar V, Kim KH, Yip ACK and Sohn JR (2018). Environmental impacts of nanomaterials. *Journal of Environmental Management* 225:261-271.

Kolahalam LA, Kasi Viswanath IV, Diwakar BS, Govindh B, Reddy V and Murthy YLN (2019). Review on nanomaterials: Synthesis and applications. *Materials Today: Proceedings* 18:2182-2190.

Malik V (2020). Harnessing Nanotechnology. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research* 7(1):227-233.

Panneerselvam S and Choi S (2014). Nanoinformatics: Emerging Databases and Available Tools. *International Journal of Molecular Sciences 15*(5):7158-7182. https://doi.org/10.3390/ijms15057158.

Ramírez-Lee MA, Aguirre-Bañuelos P, Martinez-Cuevas PP, Espinosa-Tanguma R, Chi-Ahumada E, Martínez-Castañón GA and Gonzalez C (2018). Evaluation of cardiovascular responses to silver nanoparticles (AgNPs) in spontaneously hypertensive rats. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 14(2):385-395.

Ramírez-Lee MA, Espinosa-Tanguma R, Mejía-Elizondo R, Medina-Hernández A, Martínez-Castañón GA and González C (2017). Effect of silver nanoparticles upon the myocardial and coronary vascular function in isolated and perfused diabetic rat hearts. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 13(8):2587-2596.

Ramírez-Lee MA, Martínez-Cueva PP, Rosas-Hernández H, Oros-Ovalle C, Bravo-Sánchez M, Martínez-Castañón GA and González C (2017). Evaluation of vascular tone and cardiac contractility in response to silver nanoparticles, using Langendorff rat heart preparation, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 13(4):1507-1518.

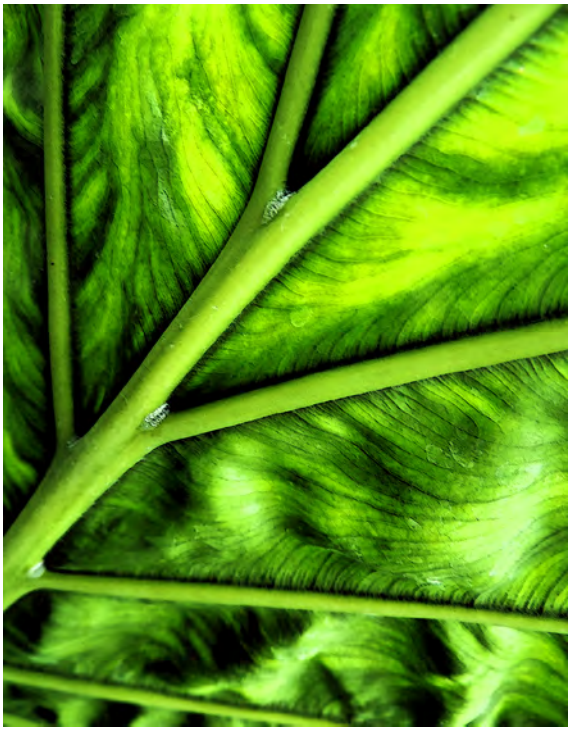
Rosas-Hernández H, Jiménez-Badillo S, Martínez-Cuevas PP, Gracia-Espino E, Terrones H, Terrones M, Hussain SM, Ali SF and González C (2009). Effects of 45-nm silver nanoparticles on coronary endothelial cells and isolated rat aortic rings. *Toxicology Letters* 191(2-3):305-313.

Sukhanova A, Bozrova S, Sokolov P, Berestovoy M, Karaulov A and Nabiev I (2018). Dependence of Nanoparticle Toxicity on Their Physical and Chemical Properties. *Nanoscale Research Letters* 13(1):44.

Vázquez Muñoz R y Huerta Saquero (2018). Toxicidad de los nanomateriales de interés biomédico en los sistemas biológicos. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología* 11(20):65.

Carmen González
Gabriela Navarro-Tovar
Erick Gómez Martínez
Facultad de Ciencias Químicas
Centro de Investigación en Ciencias de la Salud y Biomedicina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
gonzalez.castillocarmen@uaslp.mx

© **Aída Ortega.** *Esperanza*, 2013.



Biogás: el paso de los residuos agroindustriales a energía

Janeth **Danel-Casesus**
Dulce **Ambriz-Pérez**
David **Santos-Ballardo**

Dentro de todas las energías renovables existentes la biomasa ha sobresalido por la versatilidad de productos energéticos que ofrece, donde destacan los biocombustibles; estos se pueden encontrar en estado sólido, líquido y gaseoso, además se clasifican en generaciones según su orden de aparición (Figura 2); por otro lado, las principales opciones como producto final son el biodiesel, bioetanol y el biogás.

La primera generación de biocombustibles se produce a partir de productos alimenticios ricos en azúcares y aceite como el maíz, maní o la caña de azúcar. Esta tiene como desventaja el gran uso de tierras y agua, además que se compite de manera directa con la producción de alimentos. Debido a lo anterior, nace una segunda generación de biocombustibles que no se relaciona directamente con la producción de alimentos, puesto que el principal recurso para esta generación de biocombustibles son los cultivos no alimenticios, tales como algunos árboles, herbáceas y residuos agrícolas que crecen en tierras marginadas y no necesitan demasiada agua. Sin embargo, estos cultivos son mucho más difíciles de procesar para la obtención de biocombustibles que los cultivos de la primera generación, puesto que presentan una estructura molecular más compleja.

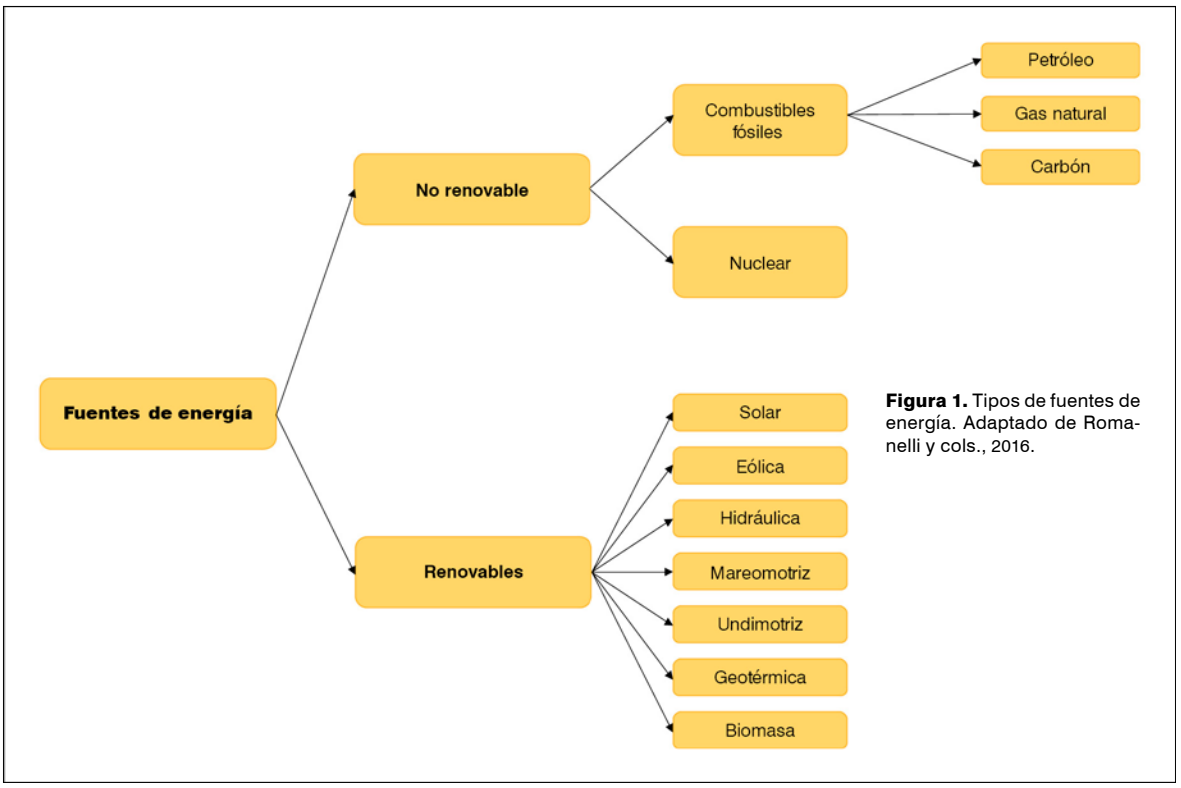


Figura 1. Tipos de fuentes de energía. Adaptado de Romanelli y cols., 2016.

Con el avance de la ciencia y tecnología surgieron los biocombustibles de tercera generación, los cuales se elaboran a partir de algas y no se necesitan tierras fértiles ni agua, utilizando lo mismo microalgas que algunos tipos de levaduras y hongos. Las algas, como cultivo, tienen la ventaja de que presentan un rápido crecimiento y producen grandes cantidades de aceite en comparación con otros cultivos energéticos. Además, su procesamiento para la obtención de biocombustibles es menos complicado que el necesario para biocombustibles de la segunda generación y, finalmente, no se necesitan tierras fértiles ni agua de riego para su cultivo.

La última generación de biocombustibles se produce a partir de microorganismos que han sido modificados genéticamente, como las microalgas y algunos tipos de levaduras y hongos. Esta tecnología tiene el objetivo de mejorar las bondades que nos ofrecen estos microorganismos para desarrollar una mejora notable en los biocombustibles tanto en el aspecto económico como en el cuidado al medio ambiente.

Dentro de las generaciones de biocombustibles, los desarrollados a partir de residuos del sector productivo (que entran en la segunda generación) han suscitado un gran interés debido a que presentan una doble función: la generación de energía renovable y la disminución de la carga orgánica que las industrias arrojan al ambiente, logrando con esto aminorar los impactos ambientales.

BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS... ¡QUÉ BUENA IDEA!

El biogás es uno de los principales biocombustibles que se han estado desarrollando desde hace mucho tiempo, está compuesto principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y algunas impurezas conocidas como gases traza. Este se puede emplear para la generación de electricidad y/o para producción de calor. Aunque el biogás es uno de los principales biocombustibles en la actualidad, su poder calorífico es inferior al del gas natural y al gas LP; por otro lado, su transformación de residuos agroindustriales, agroindustrias, cocinas domésticas, fruterías y supermercados que no tenían ningún otro aprovechamiento, lo hace

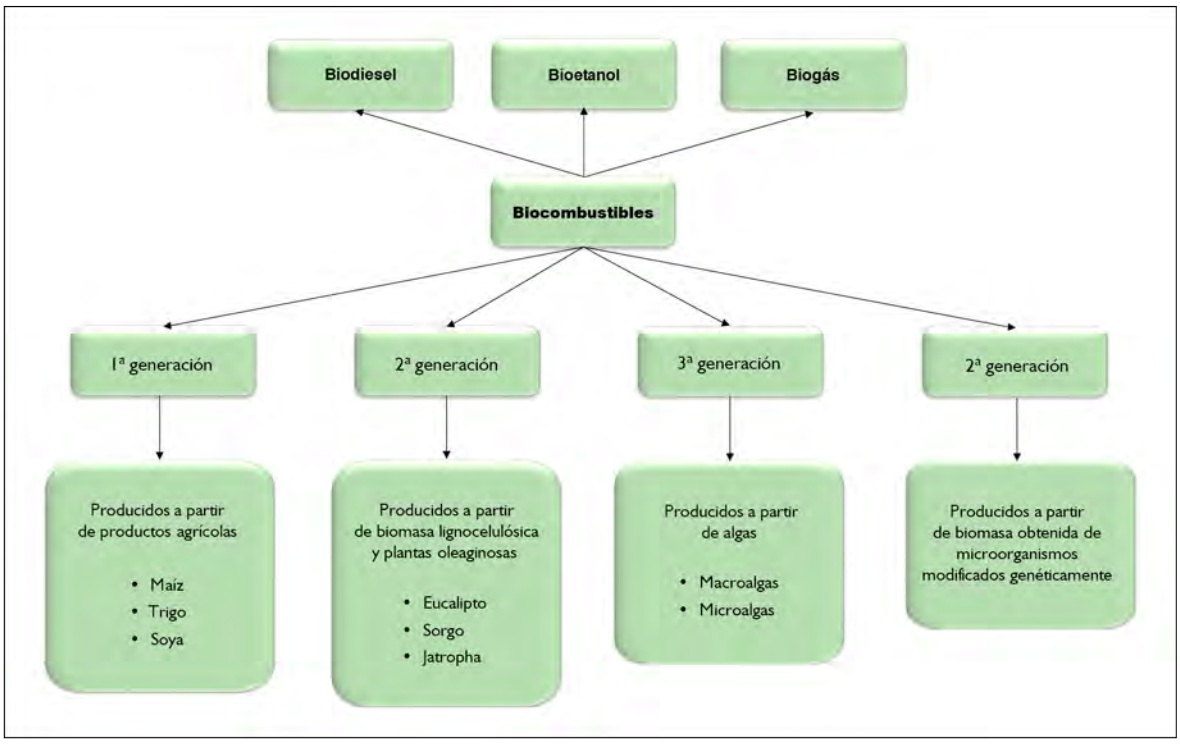


Figura 2. Desarrollo de biocombustibles.

viable tanto económica como ecológicamente. Entonces, surge la pregunta ¿qué residuos se pueden utilizar? Una excelente opción son los residuos agroindustriales, que son aquellos residuos que provienen de la industria agrícola, ganadera o forestal. En otras palabras, son los residuos que surgen de la producción de alimentos o materias primas que son destinadas al mercado. Se considera que estos residuos presentan un excelente potencial para la producción de biogás, debido a que este biocombustible es muy versátil en cuanto a la materia prima necesaria para su producción. Esto quiere decir que la mayoría de los residuos agrícolas, e inclusive algunos cultivos dañados, son una buena opción para la producción de biogás debido a su origen, suministro y composición.

Por otro lado, el proceso por el cual se realiza la producción de biogás es conocido como biodigestión o digestión anaerobia. Esta es prácticamente la degradación de materia orgánica efectuada por microorganismos en ausencia de oxígeno; lo que lleva a la producción de biogás y biofertilizante.

La digestión anaerobia consta de 4 etapas secuenciales: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Dicho proceso se lleva a cabo en un biodigestor.

¿Qué es un biodigestor? En sí, el biodigestor es un tanque o recipiente que se encuentra cerrado herméticamente. Principalmente cuenta con una cámara de fermentación donde se da lugar la degradación de la materia orgánica después de su debido tiempo de retención, mientras que el biogás producido se almacena en la cúpula del mismo, que es la parte superior del tanque. Además, una vez terminado el proceso, se obtiene un digesto líquido completamente homogéneo que debido a su origen es rico en nutrientes, por lo que se considera un excelente fertilizante de suelos. O sea que del mismo proceso ¡se obtienen dos productos!

La producción de biogás ofrece diversos beneficios socioeconómicos y medioambientales. El principal aspecto positivo que se recalca es que a partir de residuos (que representan una amenaza para el ambiente) se pueden generar productos de valor energético como el biogás y biofertilizante, mediante el proceso.

© **Aída Ortega.** *La miel de los labios*, 2016.

© **Aída Ortega.** *La certeza*, 2017.

Y HABLANDO DE ECONOMÍA...

En la mayoría de los países europeos se busca un correcto manejo de los residuos y un beneficio adicional a partir de los mismos, por lo que normalmente y de manera constante se separan los residuos orgánicos de los demás, principalmente para la producción de biogás, ayudando con ello a disminuir las emisiones de los gases de efecto invernadero provenientes de los mismos.

Otra forma de reducir las emisiones de estos gases es recolectando el biogás producido de los vertederos o basureros mediante membranas, para su posterior purificación y comercialización, aprovechando de esta forma la producción de biogás natural para la generación de energía eléctrica mediante su combustión. Además, se ha reportado que la producción y la comercialización de biogás y biometano en Europa es muy significativa, y aunque el número existente de plantas productoras de biogás se mantiene, se ha presentado un aumento considerable en la producción de las mismas.

Por otro lado, la generación de biogás en México genera una atractiva perspectiva de viabilidad económica ya que, con solo considerar la cantidad de desechos alimenticios provenientes de las agroindustrias, cocinas domésticas, fruterías y supermercados, queda claro que se trata de un tipo de residuo sumamente abundante, al que actualmente no se le da ningún valor y con un alto potencial para utilizarlo.

Si estos se utilizaran para la producción de biogás y biometano, se estaría aprovechando un subproducto para la obtención de dos productos de gran valor agregado; biogás y biofertilizante. En un panorama ideal, el biofertilizante producido se podría utilizar como moneda de cambio para pequeños agricultores cercanos, intercambiándolo por productos agrícolas.

Esto en busca de generar un interés de la comunidad hacia la separación de los residuos orgánicos. La potencial ganancia que tendrían los productores agrícolas en este intercambio sería el ahorro de no tener que comprar fertilizantes químicos, mejorando a su vez la condición de los suelos de cultivo.

Además, en algunas comunidades rurales cuya principal actividad económica es la agricultura, la producción de biogás traería consigo aspectos positivos como la sustitución definitiva de leña para actividades domésticas o acceso a la electricidad en caso de que las viviendas no cuenten con ella, lo que ayudaría a disminuir significativamente el riesgo a padecer enfermedades respiratorias originadas por la exposición continua al humo, además

© **Aída Ortega**. *Sin reflejo*, 2008.

de mejorar la calidad de vida de las personas. También, los agricultores estarían produciendo su propio biofertilizante para sus plantaciones, aspecto que ayudaría a tener mejores resultados en el desarrollo de las mismas y en sus cosechas.

Todo esto contribuiría a la mejora de la economía local y generación de empleos en zonas rurales bajo la perspectiva de un desarrollo económico y social.

Por otro lado, en las zonas urbanas, la separación de los residuos orgánicos y su uso para generar biometano pondría al alcance de la población una fuente energética que podría tener un bajo costo, lo que motivaría a las personas tanto a continuar separando la basura como a utilizar las energías renovables.

REFERENCIAS

Bowyer J, Howe J, Levins R, Groot H, Fernholz K, Pepke E and Henderson C (2018). *Third generation biofuels implications for wood-derived fuels*. DOVETAIL PARTNERS, INC. Recuperado de: https://www.dovetailinc.org/upload/tmp/1579552807.pdf.

Cury K, Aguas Y, Martínez A, Olivero R y Chams LCh (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana De Ciencia Animal-RECIA* 9(S1):122-132.

FAO (2011). *Manual de biogás*. Recuperado de: http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf.

Gobierno de Santa Fe (2019). Manual de uso del biodigestor. Bioenergías Santa Fe. Recuperado de: https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/09/Manual-de-uso-de-biodigestores-1000l.pdf.

González-Martínez G (2019). Producción de Biogás a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). *Gaceta Instituto de Ingeniería UNAM* 1(135):15-17.

Pramanik SK, Suja FB, Zain SM and Pramanik BK (2019). The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. *Bioresource Technology Reports* 8:100310.

Ramos FD, Díaz MS y Villar MA (2016). Biocombustibles. *Ciencia Hoy* 25(147):69-73.

Romanelli GP, Ruiz DM y Pasquale GA (2016). *Química de la biomasa y los biocombustibles.* Series: Libros de Cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Wellinger A, Murphy J and Baxter D (2013). *The Biogas Handbook*. Science, production and applications. Woodhead Publishing.

Janeth Danel-Casesus
Unidad Académica de Ingeniería en Energía
Universidad Politécnica de Sinaloa, México

Dulce Ambriz-Pérez
Unidad Académica de Ingeniería en Energía
Maestría en Ciencias Aplicadas
Universidad Politécnica de Sinaloa, México

David Santos-Ballardo
Unidad Académica de Ingeniería en Energía
Maestría en Ciencias Aplicadas
Universidad Politécnica de Sinaloa, México
dsantos@upsin.edu.mx

© Aída Ortega. *Solo Respiro*, 2014.

© Aída Ortega. *Entre mundos*, 2018.

www.elementos.buap.mx

Libros

CARTAS DE UN ASTROFÍSICO

Neil deGrasse Tyson

Paidós

México, 2020

Este libro es un epistolario que reúne la correspondencia de 20 años que Neil deGrasse ha mantenido con el público. El astrofísico ha recibido consultas muy diversas que van desde el origen del universo hasta los valores familiares, desde el significado de la vida hasta el porqué de los fenómenos paranormales.

El punto de confluencia de las cartas seleccionadas es la búsqueda de la verdad por parte de cada individuo, así como del significado y la comprensión del lugar que cada uno ocupa en el universo.

Por supuesto, las intenciones de cada remitente difieren; unos aspiran a ser astrofísicos, otros exponen sus creencias religiosas y hay incluso quienes atacan el conocimiento científico expuesto por DeGrass.

La continuación natural del fenomenal éxito de ventas *Astrofísica para personas con prisa*.

El autor Neil deGrasse Tyson nació en Nueva York, Estados Unidos, 5 de octubre de 1958. Neil deGrasse Tyson es uno de los mayores divulgadores científicos de la actualidad. Doctor en Astrofísica por la Universidad de Columbia en 1991, sustituyó al legendario presentador Carl Sagan en la versión del siglo XXI de la gran serie documental *Cosmos*, que se estrenó a escala mundial en National Geographic Channel, con el título *Orígenes*.

BREVES RESPUESTAS A LAS GRANDES PREGUNTAS

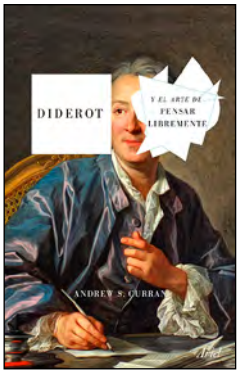
Stephen Hawking

Crítica

España, 2018

Las últimas reflexiones de Stephen Hawking sobre las preguntas más importantes del universo se incluyen en este trabajo póstumo, brillante y revolucionario. Stephen Hawking fue reconocido como una de las mentes más brillantes de nuestro tiempo y una figura de inspiración después de desafiar su diagnóstico de ELA a la edad de veintiún años. Es conocido tanto por sus avances en física teórica como por su capacidad para hacer accesibles para todos conceptos complejos y destacó por su travieso sentido del humor. En el momento de su muerte, Hawking estaba trabajando en un proyecto final: un libro que compilaba sus respuestas a las "grandes" preguntas que a menudo se le planteaban: preguntas que iban más allá del campo académico. Dentro de estas páginas, ofrece su punto de vista personal sobre nuestros mayores desafíos como raza humana, y hacia dónde, como planeta, nos dirigimos después. Cada sección será presentada por un pensador líder que ofrecerá su propia visión de la contribución del profesor Hawking a nuestro entendimiento.

Stephen W. Hawking (Oxford, 1942-Cambridge, 2018) ocupó la cátedra Lucasiana de Matemáticas que en otro tiempo ocupó Newton en la Universidad de Cambridge, y fue condecorado con el Premio Príncipe de Asturias de la Concordia en 1989. Reconocido universalmente como uno de los más grandes físicos teóricos del mundo, el profesor Hawking ha escrito, pese a sus enormes limitaciones físicas, docenas de artículos que significan en conjunto una aportación a la ciencia que aún no somos capaces de evaluar adecuadamente. A su primera obra de divulgación, *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros* (Crítica, 1988) y *El universo en una cáscara de nuez* (Crítica, 2002), se le suman *Brevísima historia del tiempo* –escrita con Leonard Mlodinow– y las antologías *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la Física y la Astronomía* (Crítica, 2003), la edición ilustrada de esta última obra (Crítica, 2004), *Dios creó los números. Los descubrimientos matemáticos que cambiaron la Historia* (Crítica, 2006) y *La gran ilusión. Las grandes obras de Albert Einstei*n (Crítica, 2008).



DIDEROT Y EL ARTE DE PENSAR LIBREMENTE

Andrew Curran

Ariel, Colección: Ariel

Barcelona, 2020

Denis Diderot fue la encarnación de la Ilustración y de lo que significó como proyecto de liberación humana. Encarcelado por ateo y libertino apenas cumplidos los treinta años, optó por no publicar en vida gran parte de su obra (y no atribuirse la autoría de otros tantos libros influyentes) mientras supervisaba y redactaba miles de entradas de la *Encyclopédie*.

En los artículos que escribió para el inmenso diccionario, así como en sus obras póstumas, Diderot cuestionó todas las verdades aceptadas de su época: defendió el ateísmo y un materialismo radical, y arremetió contra la legitimidad de la monarquía, la desigualdad social, la trata de esclavos, las supersticiones, la represión de la sexualidad... Defensor de la libertad de pensamiento, su genio y capacidad para romper con el dogma y la convención lo llevaron a renunciar al diálogo con sus contemporáneos a cambio de lo que, estaba convencido, sería un debate más fructífero con las generaciones futuras, capaces de someter a juicio textos que no solo cuestionan las ideas filosóficas, políticas, estéticas y morales del siglo XVIII, sino también las nuestras.

Andrew S. Curran es profesor de Humanidades en la Universidad. Autor de Sublime *Disorder: Physical Monstrosity in Diderot's Universe* y *The Anatomy of Blackness: Science and Slavery in an Age of Enlightenment*, es miembro de la sección de historia de la medicina en la Academia de Medicina de Nueva York y de la *National Endowment for the Humanities*. Ganador del James L. Clifford Prize en 2011, recibió la Orden de las Palmas Académicas en 2016.

LA NUEVA BIOLOGÍA DE LA MENTE

Eric R. Kandel

Paidós

Barcelona, 2019

Un apasionante ensayo sobre el cerebro y sus trastornos de la mano del famoso neurocientífico y premio nobel Eric R. Kandel.

Los trastornos neurológicos y psiquiátricos han sido considerados como algo completamente distinto dependiendo de si parecen afectar el cerebro o la mente. Sin embargo, lo cierto es que el cerebro y la mente son inseparables. Ambos tipos de trastornos pueden afectar todos los aspectos de la función cerebral: desde la percepción, la acción, la memoria y la emoción hasta la empatía, la interacción social, la atención y la conciencia.

Sobre la base de su pionera investigación, Eric R. Kandel ilustra cómo los innovadores estudios sobre trastornos cerebrales pueden profundizar nuestra comprensión del pensamiento, los sentimientos, el comportamiento, la memoria y la creatividad, y quizás en el futuro transformarán la atención médica y conducirán al desarrollo de una teoría unificada de la mente.

Eric R. Kandel es profesor del Departamento de Bioquímica y Biofísica Molecular y en el Departamento de Psiquiatría dela Universidad de Columbia, así como investigador senior en el Howard Hughes Medical Institute. También es fundador director del Centro de Neurobiología y Conducta del Colegio de Médicos y Cirujanos dela Universidad de Columbia.

Su obra ha merecido diversos premios, entre los que se cuentan: el Premio Albert Lasker en Investigación Médica Básica, 1983; la Medalla Nacionaldela Cienciaotorgada por el presidente Reagan en 1988; el Premio Gairdner International por sus aportaciones a la ciencia médica, 1987; el Premio Wolf en 1999; el Premio Heineken en 2000; y el Premio Nobel de Fisiología / Medicina en 2000 (junto con Arvid Carlsson y Paul Greengard).

PLANTAS MEDICINALES DE PUEBLA:

UNA VISIÓN ETNOFARMACOLÓGICA

Maricela Rodriguez Acosta | Alejandra Ortiz-González

Allen J. Coombes | Ma. Guadalupe Hernandez Linares

BUAP, Jardín Botánico Universitario

México, 2020

Desde una relación práctica y directa como lo fue el uso de las plantas para la protección de las inclemencias del clima, y la toma directa de hierbas y frutos para su alimentación, ésta pasó a una relación profunda, donde las plantas se incorporaron a sus ritos, creencias, supersticiones y religión, conformando con todo esto, toda una red de conocimiento que permitió destacar el poder curativo de las plantas.

Se describen en esta obra 301 especies de plantas con uso medicinal en el estado de Puebla, provenientes de diferentes hábitats y culturas diferentes.

El propósito de esta obra es el de conocer que plantas son, revisar su identidad taxonómica y saber de dónde provienen, conocer sus usos, sus familias botánicas, fitoquímica de las familias a las que pertenecen y evaluar la relación entre las especies y la atribución medicinal reportada por los habitantes.

A través de este libro, es posible conocer qué sustancias contienen las principales familias herbolarias que se usan en el estado de Puebla, para ayudar al lector a estudiar y explicar cada planta, identificando los principios activos responsables de la actividad medicinal. Es una obra que concentra y estudia el conocimiento de generaciones de curanderos y sabios de los pueblos de Puebla para su consulta, y no olvidarnos del uso de plantas como un elemento de una dieta sana y preventiva.

Hoy en día, una base fundamental de la medicina es el entender la evidencia sobre una intervención, ya sea una planta medicinal, un medicamento de patente o una intervención quirúrgica. En este contexto la evaluación etnofarmacólogica entra como un elemento esencial de esta obra. Muchas veces uno piensa que plantas medicinales son seguras y deben de tener un efecto farmacológico. Pero, como lo han demostrado muchos trabajos científicos, se necesita una evaluación sistemática.

Prof. Michael Heinrich

El libro *Plantas Medicinales de Puebla: una visión etnofarmacológica*, posee una peculiar característica, se construye desde un Jardín Botánico, al igual que las obras de Gregorio López, Vicente Cervantes y en Puebla el propio Antonio de la Cal y Bracho. Por lo anterior los autores son continuadores de una línea de trabajo y agrupan su objeto de estudio en familias botánicas de importancia medicinal.

Ana María Dolores Huerta Jaramillo

© Aída Ortega. *Wayang*, 2018.