

1 elementos

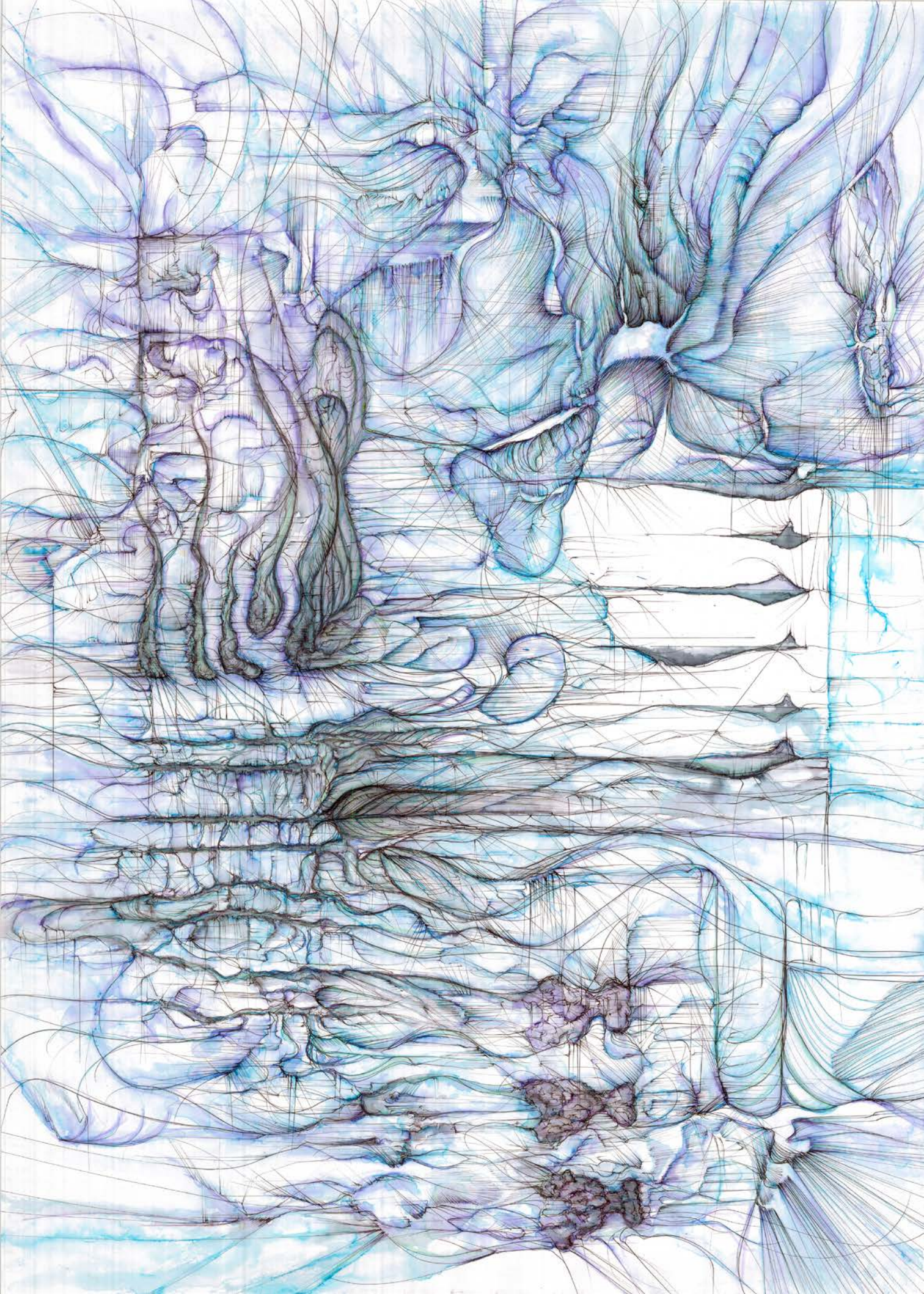
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA • No. 134 • Volumen 31 • abril - junio 2024 • \$40.00

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



7 52435 06402 6
EXHIBIR HASTA EL 30-JUNIO-2024

En busca del tiempo retenido... | La organización de la memoria | Ensoñaciones: basura cognoscitiva de la conciencia | ¿Cómo estudiar el proceso neuroinflamatorio? | Esquizofrenia: papel de la inflamación durante el embarazo | Inflamación crónica y cáncer de piel | ¿Un resfriado común nos puede hacer obesos? | El lado oscuro del efecto placebo | Los microorganismos benéficos en la obesidad | ¿Qué es la diabetes gestacional y por qué es importante conocerla? | La cuarta ola de la divulgación de la ciencia y la tecnología en México | Aves: habitantes de islas verdes en el mar de concreto | ¿Cómo se comunican los animales? | Un sitio de nidificación inusual para el papamoscas negro | Colibrí tijereta mexicano... | Las plantas que superan los límites ambientales | El bosque mesófilo de montaña y el cultivo de café en Xicotepec... | El lenguaje químico de los insectos | Más allá de los insecticidas... | Partículas contaminantes y cambio climático... | Celdas solares orgánicas... | Saponinas... | ¿Dónde está la Economía Social y Solidaria? | Obra gráfica: Héctor Salazar



S U M A R I O



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
rectora, Ma. Lilia Cedillo Ramírez
secretario general, José Manuel Alonso Orozco
vicerector de investigación y estudios de posgrado, Ygnacio Martínez Laguna

ELEMENTOS

www.elementos.buap.mx

revista trimestral de ciencia y cultura

número 134, volumen 31, abril-junio de 2024

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 (CONAHCYT), 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, © Héctor Salazar

1ª de forros, © Fricción.

100 x 150 cm, mix media, stencil, acrylic on canvas, 2019

2ª de forros, © 1p-lsd -thc-100 ug-espinas-disolución-mar, 2023

3ª de forros, © 1p-lsd -thc-100 ug-emo-immuno-mar. 70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, airbrush, marker, 2023

4ª de forros, © Brxland1-1p-thc. A3, 29.7 x 42 cm, precision pen, 2023

CINTILLO LEGAL

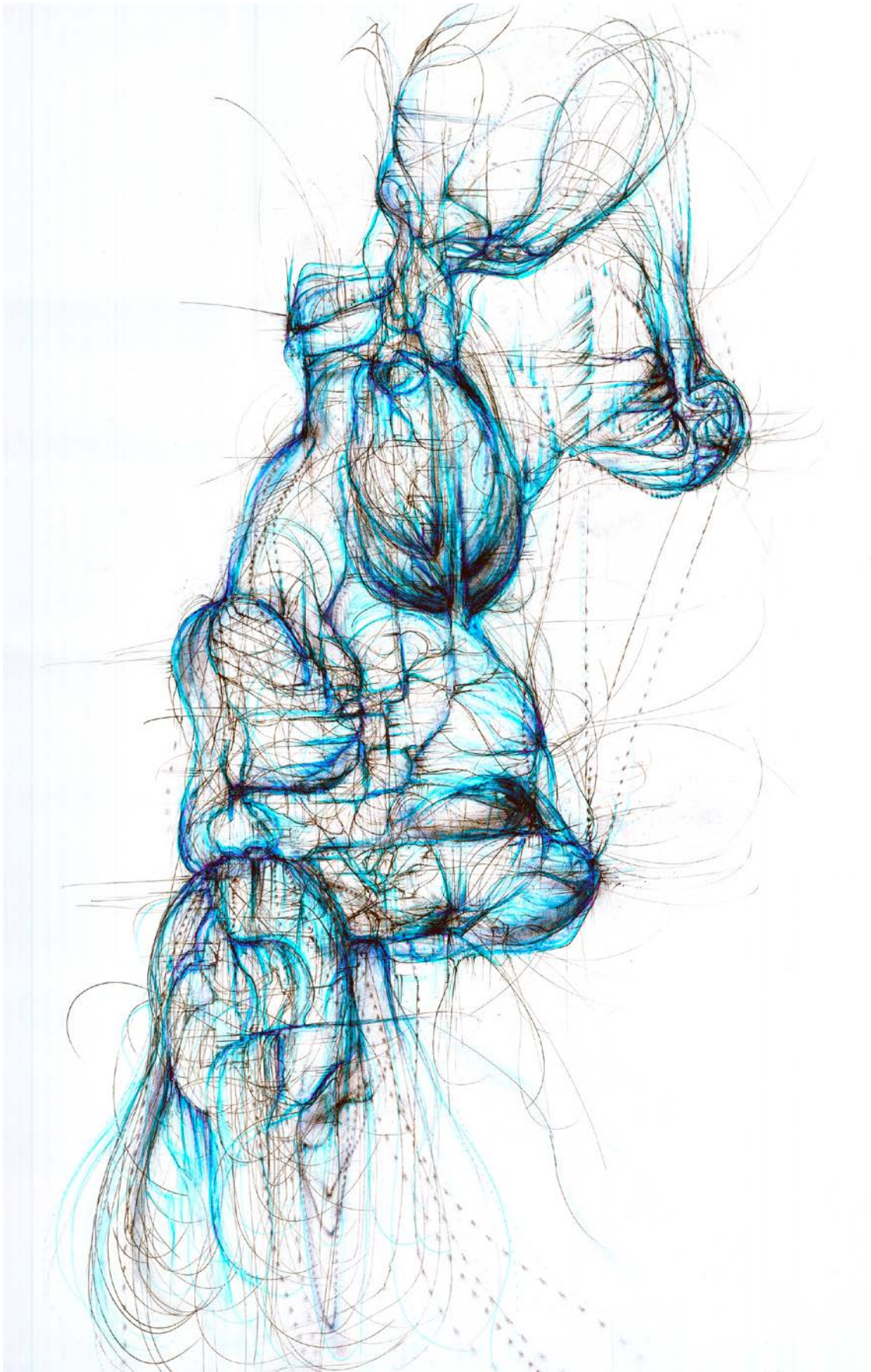
ELEMENTOS, Año 39, No. 134, abril a junio de 2024, es una publicación trimestral editada por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con domicilio en 4 Sur número 104, Col. Centro, C. P. 72000, Puebla, Pue., y distribuida a través de Revista Elementos, con domicilio en Av. 14 Sur No. 6301, Col. 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. Este número se terminó de imprimir en marzo de 2024. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



En busca del tiempo retenido: las fecundas huellas de la memoria	3
José Luis Díaz Gómez	
La organización de la memoria	9
Cintia Velázquez Delgado, Luis Carrillo-Reid	
Ensoñaciones: basura cognoscitiva de la conciencia	15
Francisco Pellicer	
¿Cómo estudiar el proceso neuroinflamatorio?	23
Paola B. Pensado Guevara, Yazmin M. Flores Martínez, Daniel Hernández Baltazar	
Esquizofrenia: papel de la inflamación durante el embarazo	29
Ernesto Griego	
Visiones sintéticas: resultados inesperados de estados alterados	35
Héctor Salazar	
Inflamación crónica y cáncer de piel	39
María L. Ramírez de los Santos, Juan Manuel Guzmán Flores, Edgar Iván López Pulido	
¿Un resfriado común nos puede hacer obesos?	43
Estefanía Armendáriz Hinojosa, Moisés León Juárez	
El lado oscuro del efecto placebo	47
Arnaldo González Arias, Francisco A. Horta Rangel	
Los microorganismos benéficos en la obesidad	51
Melissa Pamela Lozano Staines, Florinda Jiménez Vega	
¿Qué es la diabetes gestacional y por qué es importante conocerla?	57
Rafael Violante Ortiz, Alejandra Tavera Tapia	
La cuarta ola de la divulgación de la ciencia y la tecnología en México	61
Iván Jalil Antón Carreño Márquez	
Aves: habitantes de islas verdes en el mar de concreto	65
Marco Tulio Oropeza Sánchez	
¿Cómo se comunican los animales?	69
José M. Serrano, Leticia M. Ochoa Ochoa	
Un sitio de nidificación inusual para el papamoscas negro	75
José Antonio González Oreja	
Colibrí tijereta mexicano, ¿símbolo de conservación?	79
Fernando González-García, Juan Francisco Ornelas, Diego Santiago Alarcón	
Las plantas que superan los límites ambientales	87
Aarón René Casanova Domínguez, José Luis Andrade	
El bosque mesófilo de montaña y el cultivo de café en Xicotepec, Puebla, México	93
Aurelio Colmenero Robles, Imelda Rosas Medina	
El lenguaje químico de los insectos	99
Julio C. Rojas	
Más allá de los insecticidas: buscando un control ecológico y sustentable de las chinches besuconas	105
Reyna Vargas-Abasolo, David Alavez-Rosas, Alex Córdoba-Aguilar	
Partículas contaminantes y cambio climático: detonantes de alergias por pólenes y esporas	111
Brayan Bustamante, Carmen Isela Ortega Rosas	
Celdas solares orgánicas: una alternativa económica y sustentable	119
Aldo Giovanni Vázquez Guzmán, Jairo César Nolasco Montaño	
Saponinas: una alternativa para el aprovechamiento de los agaves	125
Alba de Jesús Pech Matú, Lorenzo Felipe Sánchez Teyer	
¿Dónde está la Economía Social y Solidaria?	129
Lilián Hernández Nolasco, Luis Enrique López Tolentino	



© Héctor Salazar. Tremor1-b-Isddd 100 ug. 70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, markers, airbrush, 2022.

En busca del tiempo retenido: las fecundas huellas de la memoria

José Luis **Díaz Gómez**

Las huellas son vestigios que se imprimen y se conservan en múltiples materiales y objetos como marcas temporales de ciertos eventos y procesos. Cráteres en la Luna, estratos geológicos, círculos concéntricos en troncos de árboles, cicatrices en seres vivos, huellas de pies en la tierra o la salida de obreros filmada por los hermanos Lumière en 1895 son señas efímeras o persistentes de sucesos recientes o remotos. Para averiguar la génesis y el devenir de su objeto de estudio, varias ciencias físicas, como la cosmología y la geología; ciencias biológicas, como la filogenia y la paleontología, o ciencias sociales, como la arqueología y la historia, dependen de la interpretación acertada de trazas, restos y artefactos. Estas huellas son evidencias palmarias de eventos ya extintos, pero la memoria es muy especial porque sus huellas cerebrales están ocultas y la neurociencia cognitiva trata de dilucidarlas a partir de sus manifestaciones psicológicas y conductuales. Además, lejos de ser inertes, estas huellas son estelas vivas y creativas que contribuyen al ajuste y expresión del organismo.

Al nacimiento, el cuerpo y su cerebro vienen provistos de una estructura morfológica y una potencialidad funcional determinadas por la evolución de la especie y la amalgama de los gametos paterno y materno en un cigoto. Durante el desarrollo del organismo sufren cambios y modulaciones causados por las experiencias, los aprendizajes y las prácticas que van conformando a un individuo singular.

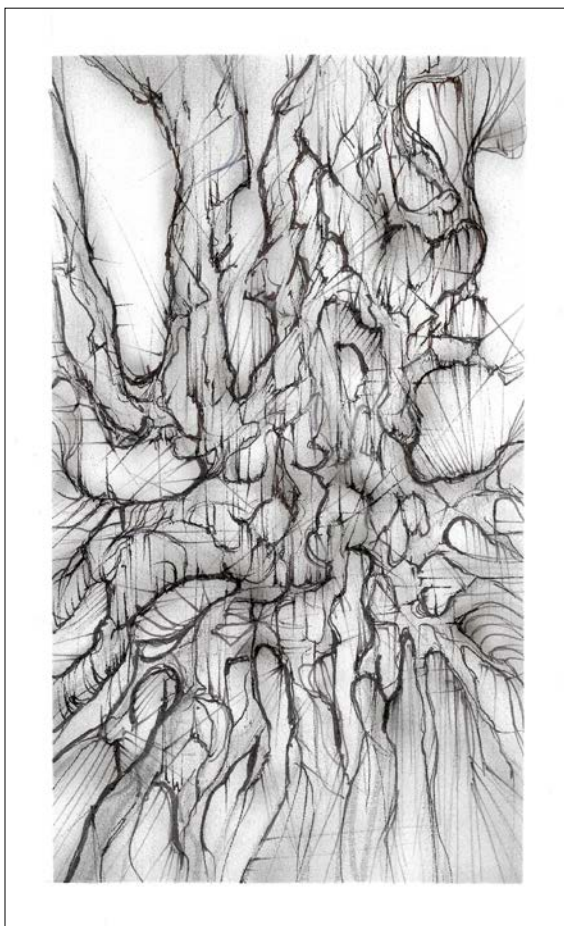
La evolución, la herencia, la experiencia y el aprendizaje confluyen de tal suerte que el cerebro, órgano genéticamente habilitado para aprender, retoca su expresión heredada, pues muchas vivencias, instrucciones o adiestramientos del individuo dejan huellas que condicionan su capacidad funcional y su conducta, moldeando así su identidad. Esta incorporación plantea una incógnita científica fascinante, ardua y decisiva: ¿en qué consiste exactamente la huella que deja la experiencia en un cerebro y se manifiesta en las funciones de su memoria que son cruciales para determinar su comportamiento, su identidad y su devenir?

A finales del siglo XIX la posibilidad de cambios cerebrales en respuesta al medio fue prevista por Santiago Ramón y Cajal en términos morfológicos de contactos neuronales y por William James en términos funcionales. Ambos sabios adelantaron la noción de este potente órgano como un sistema maleable que se organiza en función del tiempo y la experiencia. El término “engrama” fue sugerido en 1904 por el naturalista alemán Richard Semon, quien tomó del griego la palabra *gramma* (letra) para denominar a la huella de una experiencia que se inscribe en “la sustancia irritable del cerebro”. Semon subrayó además la capacidad de las sensaciones para recuperar información almacenada en la memoria y denominó *ecforia* a este evento. El ejemplo paradigmático es el del protagonista de *En busca del tiempo perdido*, pues el sabor de una magdalena le evoca una remota escena que da pie al inmenso y aclamado relato que Marcel Proust forjó entre 1908 y 1922.

A partir de entonces las ciencias del cerebro se han abocado a identificar qué es y dónde está el engrama o huella cerebral de un ítem particular de información almacenada. El empeño de esta indagación —que algunos han denominado “el Santo Grial de la neurociencia”— es transcendental porque un evento consciente, como es el recuerdo, tiene una contraparte neurofisiológica, un evento físico. Se trata de un tema nodal y concreto del milenar problema mente-cuerpo, tal y como certeramente lo especificó el filósofo francés Henry Bergson en su libro *Materia y Memoria* de 1896.

En los años 30 y 40 del siglo XX, dos investigadores de tradiciones distintas, Karl Lashley y Wilder Penfield, generaron datos aparentemente contradictorios sobre la localización cerebral de ciertas memorias. Después de realizar diversas ablaciones quirúrgicas de partes del cerebro en ratas para analizar su papel en el aprendizaje de un laberinto, el psicólogo estadounidense Karl Lashley afirmó que esta memoria tendría una extensa base nerviosa porque obtenía una reducción del aprendizaje proporcional a la cantidad de tejido destruido, mas no a su localización. Otras teorías y evidencias posteriores también favorecieron que la memoria está distribuida en el cerebro. Por ejemplo, desde los años 70, Mark Rosenzweig y sus colaboradores mostraron que, si se comparan los cerebros de ratas que viven solitarias con los de otras que conviven en grupos, con acceso a ruedas de ejercicio y otros aditamentos en un ambiente enriquecido, estas últimas desarrollan cerebros más pesados, cortezas sensoriales y motoras más gruesas, mayor número de sinapsis y mayor concentración de ciertos neurotransmisores como la acetilcolina. Por su parte, la hipótesis holográfica de Karl Pribram, discípulo de Lashley, sugirió en los años 70 que la memoria se representa en el cerebro en forma paralela a los hologramas, donde cada sección puede codificar y recrear la información de la totalidad.

Por otra parte, varios neurofisiólogos han favorecido una localización cerebral de las memorias. Evidencias experimentales muy importantes fueron obtenidas en la década de los años 40 por el neurocirujano canadiense Wilder Penfield al estimular con electrodos puntuales diversas partes de la corteza cerebral en pacientes despiertos sometidos a neurocirugía. Estas investigaciones clásicas definieron los mapas u homúnculos sensorial y motor del cuerpo en los lóbulos parietal y frontal respectivamente. Penfield descubrió además que la estimulación de puntos del lóbulo temporal provocaba recuerdos muy vívidos de experiencias previas, como si se reactivara su huella en el sector estimulado. Los estudios posteriores indicaron que la memoria episódica, los recuerdos de la propia vida, depende crucialmente de las estructuras mediales del lóbulo



© Héctor Salazar. 01-raiz-4fdk.
A4, 21 x 29 cm, paper, precision pen, pencil, airbrush, 2023.

temporal del cerebro que incluyen al hipocampo, la arcaica zona de la corteza cerebral cuya forma le evocara un caballito de mar a San Isidoro de Sevilla.

En los anales de la neuropsicología destaca el caso de H. M., cuyos hipocampos cerebrales fueron extraídos quirúrgicamente en 1953 para tratar una epilepsia grave. El paciente fue larga y sagazmente estudiado por Brenda Milner, neuropsicóloga canadiense que ahora tiene 105 años. Si bien se curó de la epilepsia, H. M. perdió la capacidad de formar memorias a largo plazo, en especial de hechos, nombres o imágenes propios de la memoria declarativa, lo cual constituye una *amnesia anterógrada*: la incapacidad de recordar eventos a partir de una lesión. Sin embargo, otras funciones cognitivas y recuerdos previos a la operación permanecieron intactos. De este y otros casos se derivó que el hipocampo es necesario para la formación de memorias

a largo plazo a partir de las de corto plazo, pero que no es lugar de almacenaje y no participa de la memoria de procedimientos. En la neurología se conoce que la falta de irrigación sanguínea del hipocampo produce una *amnesia global transitoria* durante la cual el paciente desconoce su paradero y pregunta de forma característica: ¿dónde estoy? La evidencia más reciente indica que las memorias episódicas requieren de una plasticidad veloz en el hipocampo y gradualmente se consolidan en redes de la neocorteza. También se sabe que el lóbulo frontal del cerebro interviene en la adquisición, la codificación y la recuperación voluntaria de experiencias pasadas y su ubicación en el tiempo.

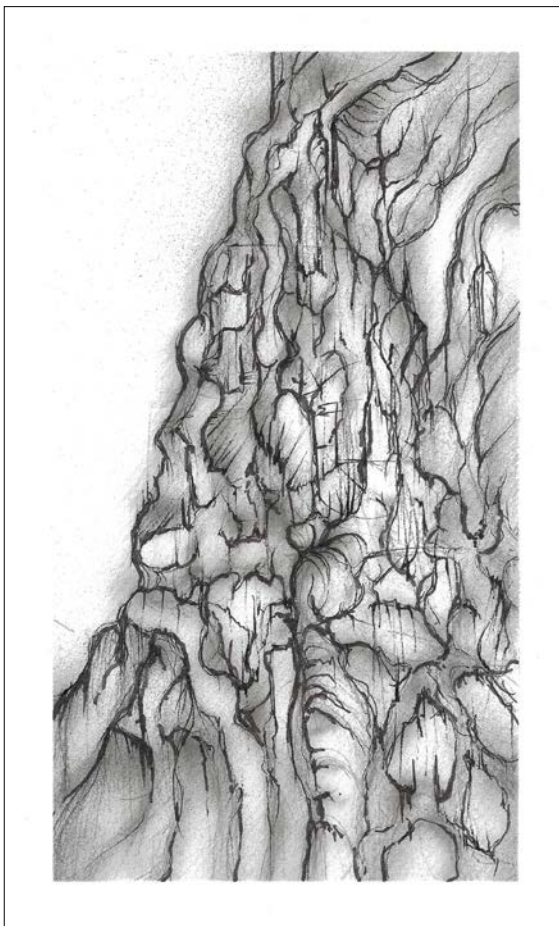
En 1971, el neurocientífico londinense John O'Keefe descubrió que algunas células del hipocampo se activan cuando la rata estudiada se encuentra en cierta localidad de un laberinto que ya conoce y las llamó *neuronas de lugar*. Estas células probablemente forman parte del engrama y la representación cognitiva del laberinto en la rata. En 2005, los esposos May-Britt y Edvard Moser en Noruega identificaron neuronas en la región vecina de la corteza entorrinal que generan un sistema de coordenadas necesario para hacer camino en un espacio. Es probable que las nociones o sensaciones de espacio y de tiempo se procesen inicialmente en diferentes redes de neuronas, pero sus señales convergen en el hipocampo para establecer el marco espaciotemporal de la memoria episódica. O'Keefe y los Moser recibieron el Premio Nobel de 2014 por estas investigaciones.

Las evidencias de la neuropsicología, la neurofisiología experimental y diversos estudios de conducta en animales, han confirmado que el hipocampo participa en la memoria espacial de las formas y dimensiones de los lugares, así como de la orientación y movimiento del organismo en el espacio. Además de la consolidación de las memorias episódicas, se conoce que esta región funciona para integrar tales funciones mediante sus conexiones con otras áreas. Por ejemplo, las interacciones entre el hipocampo y la corteza frontal son fundamentales en la modulación de las acciones dirigidas a una meta o a la

obtención de un resultado particular. Las redes del hipocampo mapean múltiples dimensiones de la experiencia para organizar las formas de conocimiento que integran a la persona con su mundo circundante.

Ahora bien, es importante destacar que otras formas de memoria involucran a diferentes partes del cerebro. Por ejemplo, la investigación de Joseph LeDoux, neurocientífico y líder de una banda de rock denominada *Los Amigdaloides*, destaca el papel crucial que juegan los núcleos amigdalinos del lóbulo temporal en las respuestas condicionadas de miedo en la rata. En este mismo contexto, vale la pena citar la prolongada investigación del psicobiólogo mexicano Roberto Prado, quien inicialmente demostró la participación del caudado (un núcleo subcortical del cerebro involucrado en la regulación y coordinación del movimiento) en la memoria de una conducta aprendida por miedo. Las ratas en estudio evitaron para siempre entrar en una zona oscura de la caja experimental después de haber recibido un choque eléctrico en las patas la primera vez que la exploraron. Prado consideró que el engrama de esa conducta estaba localizado en el núcleo caudado hasta que una experiencia más intensa de aprendizaje rebasó esta estructura y protegió a esta conducta contra fármacos que contrarrestan la memoria. Esta es otra evidencia de que una experiencia se codifica en diversas estructuras cerebrales y que su engrama puede moverse en el cerebro.

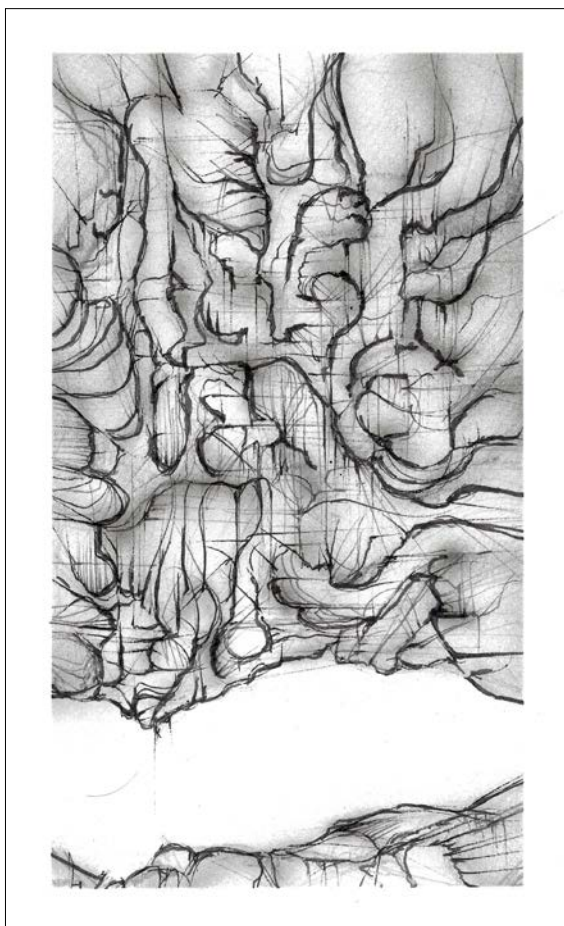
Rodrigo Quian Quiroga, neurocientífico argentino que investiga en Inglaterra, ha logrado registrar la actividad de neuronas individuales en cerebros de humanos conscientes sometidos a neurocirugía. Al presentar fotos de diversas celebridades a estos pacientes, encontró que algunas neuronas en el lóbulo temporal solo disparaban cuando el sujeto reconocía a una celebridad en particular. Ciertas células fueron llamadas *neuronas de Jennifer Aniston*, porque se detectaron solo con las fotografías de esta actriz. Seguramente diferentes neuronas están involucradas en el reconocimiento de otras celebridades o personas conocidas y el importante hallazgo permite inferir que ciertas células nerviosas



© Héctor Salazar. 02-raiz-4fdk.
A4, 21 x 29 cm, paper, precision pen, pencil, airbrush, 2023.

procesan información clave para identificar a una persona y forman parte de una red involucrada en ese reconocimiento y probablemente en el concepto que conforma el sujeto de esa particular persona.

Es probable que la memoria episódica utilice varios indicios y dominios para operar. Por ejemplo, se ha postulado una distinción entre las trazas de memoria y su ubicación en el tiempo. Las trazas o huellas son las representaciones de episodios que se han vivido, en tanto que la ubicación en el tiempo integra estas escenas en un marco espaciotemporal para su comprensión, su narración y para definir posibilidades a futuro. Se puede ahora mantener que la memoria requiere tanto de sitios cerebrales específicos como de redes distribuidas para funcionar adecuadamente y para ello es ilustrativo referirse a una de las evidencias más robustas y convincentes sobre su fundamento neuronal.



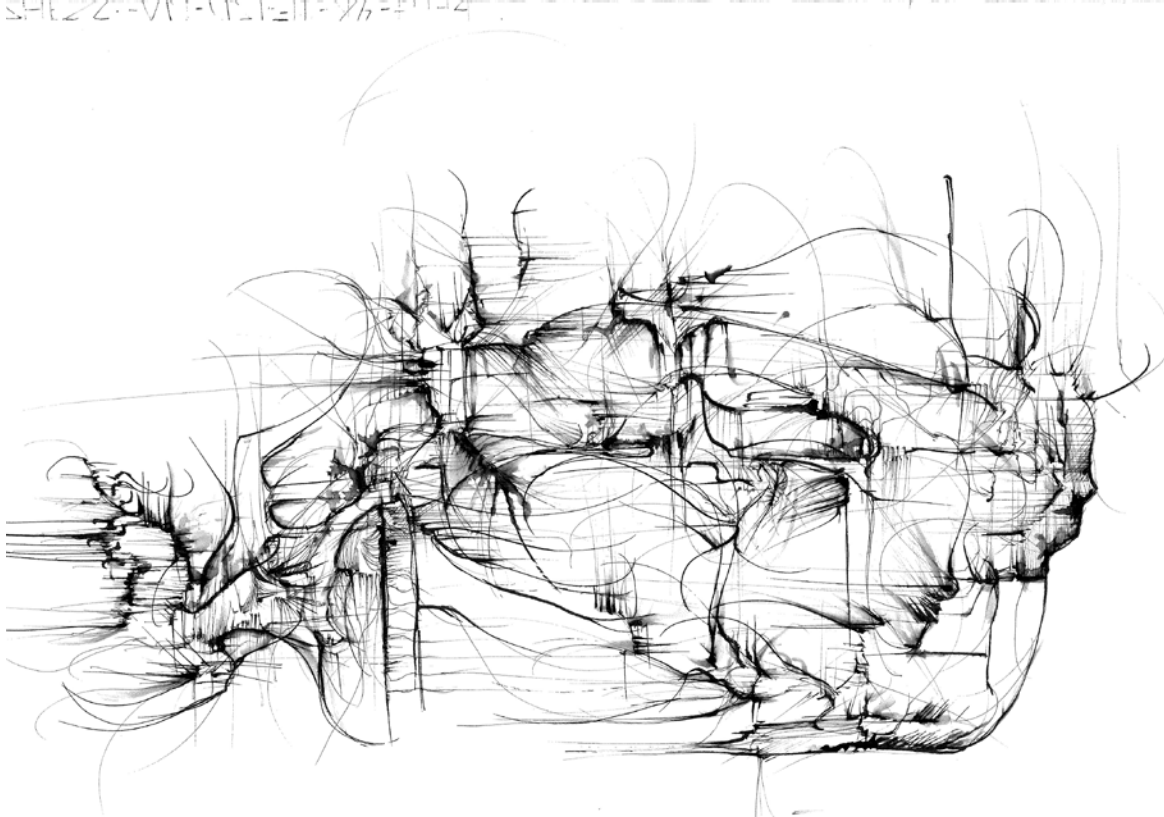
© Héctor Salazar. 03-raiz-4fdk.
A4, 21 x 29 cm, paper, precision pen, pencil, airbrush, 2023.

En la segunda mitad del siglo XX se fue acreditando la hipótesis de la *facilitación interneuronal* formulada inicialmente por Cajal y especificada a mediados del siglo por el neuropsicólogo canadiense Donald Hebb. La hipótesis propone que al aprender algo se refuerzan los contactos o sinapsis entre las neuronas involucradas en la tarea y la huella física de recuerdos específicos se comprende como una red de neuronas que se enlazan y acoplan mediante el fortalecimiento de las sinapsis que las conectan. El aprendizaje establece nuevas redes en el cerebro porque las neuronas que se activan durante una tarea o una práctica tienden a conectarse entre sí formando un sistema funcional inédito. El adagio científico de este fenómeno fue acuñado por el propio Donald Hebb: “las neuronas que disparan juntas se conectan juntas”, noción que evoca un “alambrado cerebral”, metáfora persistente de la

neurociencia cognitiva moderna. Usando al gran molusco marino *Aplysia californica* como un modelo de estudio más simple y asequible, el psiquiatra y neurobiólogo Eric Kandel comprobó en múltiples experimentos que el aprendizaje agiliza las conexiones nerviosas existentes y promueve nuevas, además de estipular diversos mecanismos neuroquímicos involucrados en el proceso, lo cual le mereció el Premio Nobel en el año 2000. La hipótesis ha recibido respaldo ulterior con los estudios de un fenómeno experimental conocido como *potenciación a largo plazo*, una intensificación duradera de la transmisión nerviosa que ha permitido analizar los sustratos neuroquímicos que facilitan la comunicación de las sinapsis involucradas y la proliferación de otras.

Por estas y otras evidencias, se puede afirmar que ciertos engramas abarcan redes neuronales que enlazan diferentes regiones del cerebro, tanto de la corteza como de núcleos subcorticales. Cada una de estas regiones codifica fragmentos o parcelas del evento, como pueden ser cualidades sensoriales, información de tiempo y lugar o emociones asociadas. Es muy posible que las regiones donde opera un engrama cambien y esto se manifestaría en las modificaciones que sufre el recuerdo a lo largo de la vida. Estos factores forman parte de la memoria episódica del individuo y proveen información relevante sobre cómo ciertos eventos del pasado se retienen, elaboran y germinan en el cerebro.

La idea de que el recuerdo involucra un engrama fijo, estable y permanente ha evolucionado a una noción dinámica de la huella cerebral que contradice la noción de *consolidación* de la información, pues, lejos de la solidez inscrita en este término, subraya la naturaleza plástica, cambiante y fecunda de la huella y la información retenidas. La base fisiológica de la memoria se concibe actualmente como una modificación plástica del cerebro que acontece en todos sus niveles y aspectos de operación. Este cambio de paradigma pone en duda el concepto mismo de engrama, aunque aún no se puede sustituir por el necesario pero muy genérico de *plasticidad cerebral*.



© Héctor Salazar. Brut-2-4K-1P-Isd-Na-01. A3, 29.7 x 42 cm, paper, precision pen, 2023.

Será enriquecedor ajustar y reconciliar las nociones discordantes de engrama persistente, dinámica neuronal y plasticidad nerviosa. Como sucede con el devenir mismo de una persona, la identidad no solo remite a la conservación de rasgos particulares a través del tiempo, sino a un proceso vital e histórico que tiene una trayectoria singular, distintiva y característica.

Cajal estaba en lo cierto al suponer que cada persona “esculpe su cerebro” con las experiencias, aprendizajes, destrezas y capacidades que emprende y adquiere en su vida. Con la experiencia el cerebro se enriquece tanto morfológica como funcionalmente y se vuelve más dúctil y eficiente, pues los cambios resultantes de esa adquisición favorecen las funciones cognitivas y motrices. Las evidencias van aclarando el cómo, cuándo y dónde se imprimen las huellas, pero permanece desafiante el Santo Grial del dilema mente-cerebro en términos de la memoria: ¿de qué manera se manifiestan los contenidos conscientes del recuerdo en referencia a sus correlatos cerebrales?

Maese Cajal, santo patrono de la neurociencia: ¡alienta y encauza esta espinosa misión!

B I B L I O G R A F Í A

- Bergson H (2006). *Materia y memoria. Ensayo de la relación del cuerpo con el espíritu*. Traducción de Pablo Ires, de la edición francesa de 1896. Buenos Aires: Cactus.
- Bermúdez Rattoni F y Prado Alcalá RA (2006). *Memoria: dónde reside y cómo se forma*. Madrid: MAD.
- Díaz JL (2009). Persona, mente y memoria. *Salud Mental* (México) 32:513-526.
- Hebb DO (1949). *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. New York: Wiley and Sons
- Kandel E (2006). *In search of memory. The emergence of a new science of mind*. W. W. Norton & Co.
- Lehrer J (2010). *Proust y la neurociencia*. Madrid, Paidós.
- Mahr J, Csibra G (2017). Why do we remember? The communicative function of episodic memory. *Behavioral Brain Sciences* 41:1-93.
- Morgado I (2005). Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes. *Revista de Neurología* 40 (5):289-297.
- Schacter DL (1996). *Searching for memory. The brain, the mind, and the past*. New York: Basic Books.
- Schacter DL (2001). *Forgotten Ideas, Neglected Pioneers: Richard Semon and the Story of Memory*. Philadelphia: Psychology Press.
- Tulving E (1983). *Elements of Episodic Memory*. Oxford: Oxford University Press.

José Luis Díaz Gómez
Facultad de Medicina UNAM
Academia Mexicana de la Lengua
jdiaz43@gmail.com

La organización de la memoria

Cintia **Velázquez Delgado**
Luis **Carrillo-Reid**

El estudio de los procesos de memoria desde una perspectiva neurofisiológica inició con experimentos que buscaban determinar dónde estaban localizados los recuerdos en el cerebro. De esta manera, Richard Semon acuñó el concepto de “engrama de la memoria” para postular que los recuerdos estaban almacenados en un lugar específico del cerebro.

Años después, Karl Lashley, realizando experimentos en animales, en los cuales destruyó varios núcleos cerebrales después de que los sujetos habían aprendido una tarea, demostró que los procesos de memoria no estaban en una sola parte del cerebro. De forma casi paralela Donald Hebb propuso el concepto de “ensamble neuronal”, que postulaba que la activación repetida del mismo grupo de neuronas provocaría que dichas neuronas se conectaran entre ellas. De los trabajos de Donald Hebb surgió el dicho “neuronas que disparan juntas se conectan juntas”.

Gracias a los trabajos mencionados y al desarrollo de nuevas tecnologías, en los últimos años se ha demostrado que diferentes grupos de neuronas tienen funciones específicas. De esta manera se podría decir que los engramas de la memoria están formados por ensambles neuronales coordinados en el tiempo, por lo que distintas características de los recuerdos están codificadas en la actividad de grupos de neuronas distribuidos en el cerebro (Carrillo-Reid, 2022).

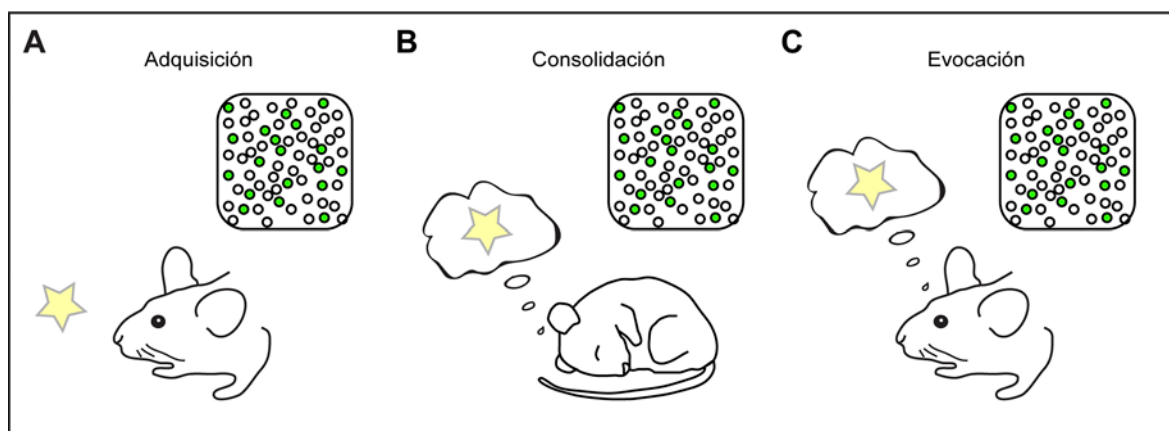


Figura 1. Etapas de la memoria. A. Durante la adquisición de un evento relevante se activa un grupo de neuronas que codifica la memoria aprendida. B. La consolidación sucede por el recuerdo del evento relevante, lo cual activa al mismo grupo de neuronas una y otra vez reforzando sus conexiones. Dormir es fundamental para la consolidación. C. En la evocación, la memoria del evento relevante es traída de vuelta por medio de la activación del mismo grupo de neuronas.

ETAPAS DE FORMACIÓN DE MEMORIAS

La memoria es la capacidad cerebral que permite almacenar conocimientos y experiencias que después pueden ser utilizados en la vida cotidiana. Diversos grupos de investigación han mostrado que los procesos de memoria están formados por tres etapas principales. La primera etapa se conoce como *adquisición* y es donde se extrae la información relevante de algún evento vivido, es decir, el encuentro por primera vez con alguna experiencia que será recordada. En esta etapa la experiencia memorable activa a un grupo de neuronas que normalmente no tiene actividad coordinada (Figura 1A). La segunda etapa se conoce como *consolidación*, en ella la reactivación del mismo grupo de neuronas relacionado con el evento relevante genera el recuerdo de lo que sucedió. Esta segunda etapa prosigue durante el sueño, en donde el mismo grupo de neuronas continúa activándose una y otra vez, de tal forma que se establecen relaciones entre dichas neuronas que harán que su reactivación se facilite en el futuro (Figura 1B). La última etapa se conoce como *evocación* y es donde se trae de vuelta a la memoria aprendida para utilizarla en el presente. En esta etapa, la activación del mismo grupo de neuronas del evento original hace que los recuerdos se hagan presentes (Figura 1C).

Se ha demostrado experimentalmente que los ensambles neuronales se asocian con la formación de alguna memoria, ya que se activan durante la adquisición, consolidación y evocación de dicha memoria. Sorprendentemente, dichos ensambles neuronales no solo pueden activarse de manera consciente, sino que además pueden activarse inconscientemente dando lugar a recuerdos que ocurren de forma inesperada. Esta constante activación de los ensambles neuronales específicos sugiere que la información se almacena de una manera lo suficientemente estable como para poder recuperarla cuando es necesario.

EL HIPOCAMPO Y LA FORMACIÓN DE MEMORIAS

Uno de los primeros estudios en humanos que demostró que un núcleo cerebral era indispensable para la formación de nuevas memorias se debe al paciente conocido como H. M. (Corkin, 2002). Este paciente sufría de ataques epilépticos, por lo que fue sometido a una cirugía en que le removieron varios núcleos cerebrales incluyendo una gran parte del hipocampo, lo que tuvo como consecuencia que H. M. no pudiera formar memorias nuevas. El estudio de este paciente ayudó a determinar que el hipocampo es una estructura cerebral que juega un papel central en la formación de memorias.

Experimentos posteriores han mostrado que la asociación de diversos ensambles neuronales del

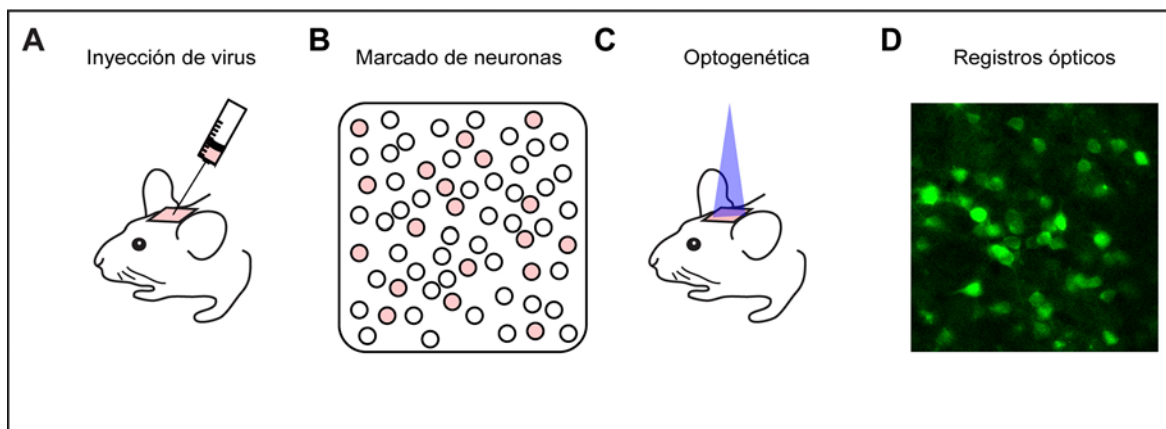


Figura 2. Tecnologías para estudiar procesos de memoria. **A.** Representación esquemática de inyecciones virales para identificar y etiquetar neuronas. **B.** Mapa que resalta en rojo a las neuronas que estuvieron activas y se marcaron durante la formación de una memoria. **C.** Diagrama ilustrativo de la optogenética que permite activar por medio de luz a las neuronas que fueron marcadas. **D.** Imagen de registros ópticos utilizando imagenología de dos fotones, en donde se puede observar la actividad de las neuronas de acuerdo con su intensidad de fluorescencia.

hipocampo y otras estructuras cerebrales promueve procesos de aprendizaje, memoria y de atención. Por otro lado, también se ha demostrado que en el hipocampo existen ensambles neuronales compuestos por “células de lugar” que codifican información espacial a manera de GPS. Aunado a ello, el hipocampo también contiene ensambles neuronales que codifican información contextual, es decir, que crean asociaciones entre el espacio y el tiempo. De esta manera, varios grupos de investigación han propuesto que el hipocampo permite crear asociaciones de un individuo con respecto a su contexto de manera temporal, lo cual se conoce como memoria episódica. En otras palabras, es como si recorriéramos desde dentro un mapa mental de eventos. Además, también se ha propuesto que el hipocampo puede crear asociaciones entre los componentes de algún contexto, lo cual se conoce como memoria semántica. Es decir, ahora, en lugar de encontrarnos dentro del mapa, lo observamos desde fuera de manera que podemos reconocer distintos eventos (Buszaki y Moser, 2013).

En conclusión, el hipocampo permite navegar a través de memorias que son construidas por la codificación de cada componente de la experiencia, como el tiempo, el espacio, las percepciones y las emociones.

Todos estos componentes son asociados con el estado interno del cerebro por medio de una sinfonía de ensambles neuronales.

TECNOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DE PROCESOS DE MEMORIA

Ciertos virus son una herramienta usada en la identificación y manipulación de ensambles neuronales en modelos experimentales de roedores. La inyección de un virus puede infectar a las neuronas y usar su propia maquinaria para expresar alguna proteína de interés (Figura 2A). Esta técnica permite identificar y etiquetar tipos de neuronas de acuerdo con su expresión genética o nivel de actividad. Por ejemplo, las neuronas que están participando en la codificación de una memoria expresan genes como c-Fos, que señalan la actividad neuronal (Figura 2B). El etiquetado de las neuronas activas se puede conjuntar con la optogenética, que permite estimular o inhibir, por medio de luz, a las neuronas que estuvieron previamente activas (Figura 2C).

Por otro lado, también es posible visualizar la actividad de cientos de neuronas utilizando una técnica conocida como imagenología de calcio, en la cual un indicador de calcio genéticamente codificado genera la expresión de la proteína verde fluorescente (GFP por sus siglas en inglés) que, al unirse al calcio intracelular, produce cambios en la intensidad de fluorescencia. El aumento de calcio intracelular está relacionado con la actividad neuronal, por lo que las neuronas que cambian su

intensidad de fluorescencia pueden ser identificadas como participantes de un ensamble neuronal (Figura 2D). Estas técnicas se pueden combinar entre ellas para estimular o inhibir grupos de neuronas de manera específica, y estudiar su papel en eventos relacionados con procesos de memoria.

ALTERACIONES EN PROCESOS DE MEMORIA

La enfermedad de Alzheimer ocupa el primer lugar entre las enfermedades neurodegenerativas asociadas con el envejecimiento. El número de personas afectadas por esta enfermedad en México continúa en aumento debido al incremento en la esperanza de vida (Instituto Nacional de Salud Pública, 2020). La enfermedad de Alzheimer se caracteriza por la pérdida progresiva e irreversible de la memoria, fallas en el lenguaje y en la orientación espacial, lo cual se ha atribuido a la acumulación de la proteína beta-amiloide en el cerebro. En modelos animales para estudiar la enfermedad de Alzheimer, se han observado alteraciones en procesos de memoria ocasionadas por patrones aberrantes de actividad en ensambles neuronales del hipocampo. La manipulación optogenética de los ensambles neuronales que participan en la codificación de información ha logrado que se produzca la recuperación de las memorias que se consideraban perdidas (Roy et al., 2016).

Otra de las alteraciones en procesos de memoria es producto de las adicciones, las cuales generan memorias persistentes. Por ejemplo, el uso de sustancias adictivas está fuertemente asociado con los contextos en donde sucede el consumo. Diversos experimentos en animales han demostrado que puede generarse actividad en conjuntos neuronales hipocampales que asocian el consumo de una droga con el contexto en donde sucede. Esta asociación no permite que la memoria persistente desaparezca incluso después de que el consumo de la droga ha cesado, lo cual provoca que durante una reexposición al contexto exista una recaída en el consumo.

De forma similar, se ha observado que el trastorno por estrés postraumático causa alteraciones en el hipocampo. Este trastorno genera una memoria persistente, donde hay generalización de contextos, lo cual provoca que cualquier situación sea clasificada como peligrosa, generando un estrés constante.

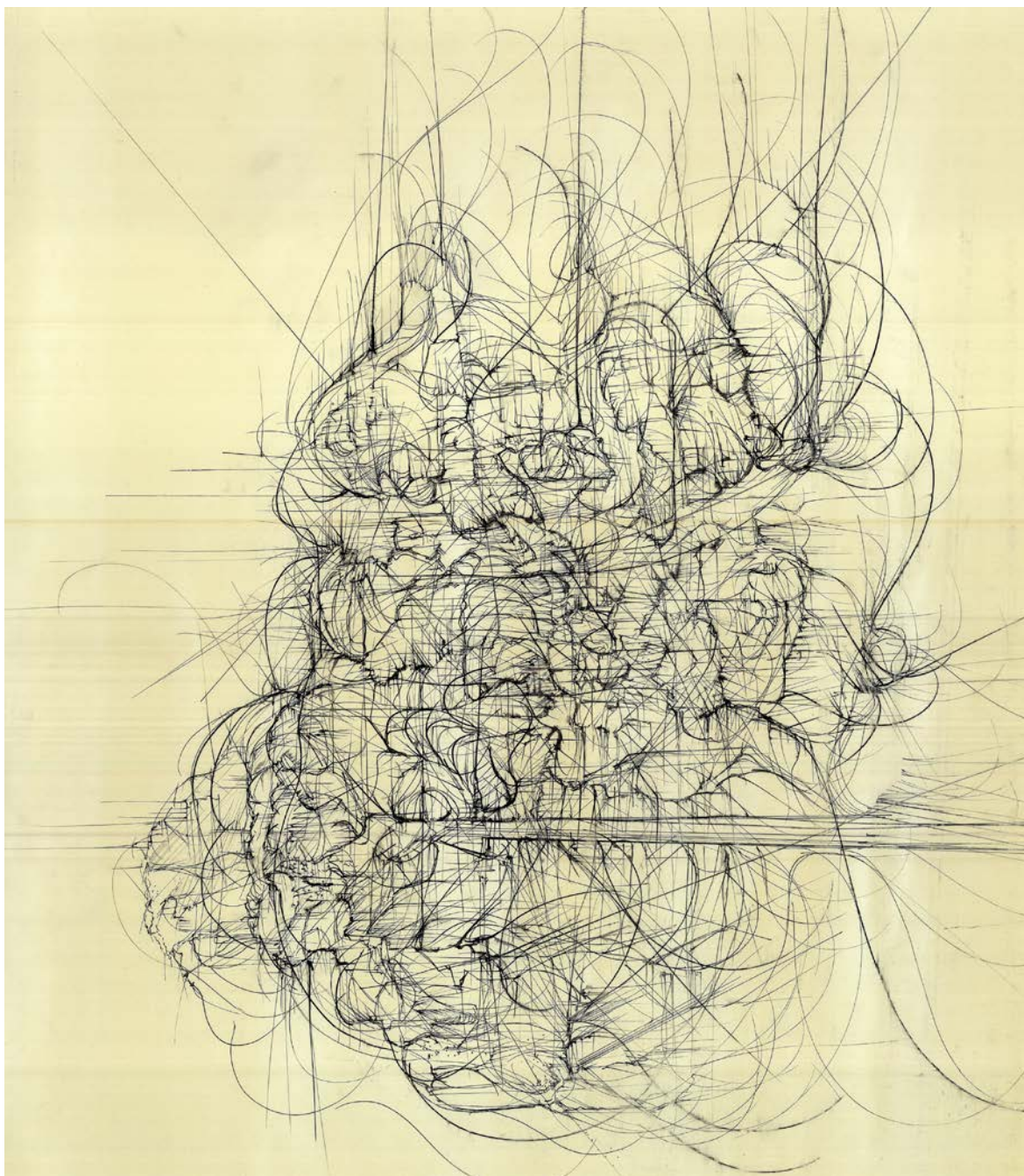
CONCLUSIONES

Las memorias están formadas por la codificación de distintos componentes de alguna experiencia en ensambles neuronales orquestados que se encuentran en diversas estructuras cerebrales. La reactivación de dichos conjuntos de neuronas produce el recuerdo de la experiencia original para usarla como marco de referencia en tareas cotidianas. De esta manera, el engrama de alguna memoria particular está compuesto por varios ensambles neuronales que interactúan en el tiempo para reconstruir eventos importantes. En otras palabras, un ensamble neuronal no representa una memoria, sino una parte ella, y puede ser utilizado para localizar y recuperar una memoria completa, como cuando un olor nos transporta en el tiempo a situaciones vividas en el pasado.

A pesar de que existen varias estructuras cerebrales que participan en la formación de memorias nuevas, el hipocampo juega un papel fundamental para que una experiencia se almacene en el cerebro. El entendimiento de las reglas de organización de los ensambles neuronales del hipocampo podría ayudar en el tratamiento de desórdenes relacionados con alteraciones de la memoria como la enfermedad de Alzheimer, las adicciones o el estrés postraumático. A pesar de que, a la fecha, las tecnologías mencionadas para estudiar los procesos de memoria solo pueden aplicarse en modelos animales, los resultados generados por dichas investigaciones podrían servir para desarrollar protocolos clínicos en el futuro.

R E F E R E N C I A S

Buzsáki G and Moser EI (2013). Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system. *Nature Neuroscience* 16:130-138.



© Héctor Salazar. Brx-int-lk3tv2. 50 x 70 cm, glossy paper, precision pen, 2023.

Carrillo-Reid L (2022). Neuronal ensembles in memory processes. *Semin Cell Dev Biol* 125:136-143.

Corkin S (2002). What's new with the amnesic patient H.M.? *Nat Rev Neurosci* 3(2):153-160.

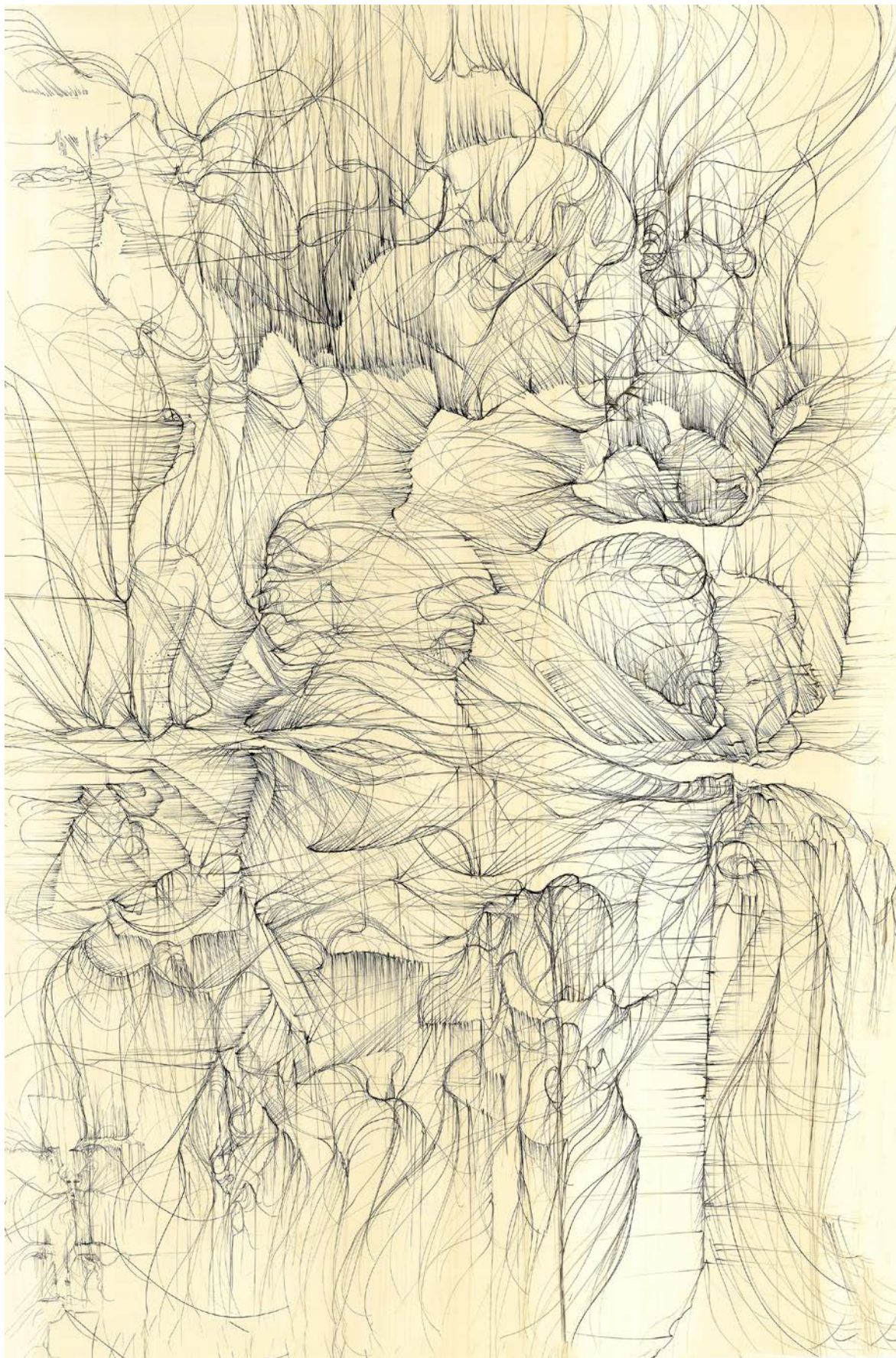
Instituto Nacional de Salud Pública (2020). Hablemos de demencia. Recuperado de: <https://www.insp.mx/avisos/hablemos-de-demencia>.

Roy DS, Arons A, Mitchell TI, Pignatelli M, Ryan TJ and Tonegawa S (2016). Memory retrieval by activating engram cells in mouse models of early Alzheimer's disease. *Nature* 531:508-12.

Cintia Velázquez Delgado

Luis Carrillo-Reid

**Instituto de Neurobiología, Campus Juriquilla,
Universidad Nacional Autónoma de México
carrillo.reid@comunidad.unam.mx**



© **Héctor Salazar.** Dm-La soledad 02. 70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, markers, airbrush, 2023.

Ensoñaciones: basura cognoscitiva de la conciencia

Francisco **Pellicer**

Si bien este ensayo ahondará sobre el andamiaje y la construcción de las ensoñaciones, es necesario iniciar con algunos conceptos primigenios donde poner los basamentos de nuestro edificio de sueños.

Hay dos pilares fundamentales en las funciones cerebrales de alto orden, los cuales ya suscitan un fuerte debate en el sentido de si uno de ellos da paso al otro –una especie de primogenitura–, de si la falta de uno implica la inexistencia del otro.

Para fines prácticos diremos que son entidades biunívocas y que ya existentes son simultáneas e interactuantes; me refiero al pensamiento y a la conciencia. Estos dos procesos se encuentran instalados en el campo de lo que hoy denominamos ciencias de la complejidad, por ser justamente procesos con múltiples acciones en sí, que se entrelazan con disciplinas aparentemente no afines e igualmente complejas.

No hay duda de que el pensamiento y la conciencia son un principio neurobiológico producto de un proceso evolutivo –biológico darwiniano– sujeto a mecanismos epigenéticos y sociales.

En este sentido, la constitución de estos pilares se fundamenta en una de las funciones del sistema nervioso, que es que el individuo detecte y se detecte a sí mismo y, en consecuencia, poder sensarse a sí mismo y al ambiente externo.

Esta acción de conocimiento y reconocimiento se lleva a cabo mediante receptores sensoriales especializados, en función de la transducción de energías específicas que, a su vez, se constituyen en lo que denominamos sentidos.

El cerebro del hombre actual es el producto de un proceso evolutivo complejo, multifactorial, determinado en términos de su circunstancia, que nos ha hecho separarnos de especies cercanas como los póngidos (chimpancés), pero con los cuales compartimos muchas de las funciones, ¿incluso también las ensoñaciones?

Tenemos, entonces, una máquina generadora de hipótesis, cerebros que tienen la posibilidad de seguir aprendiendo, innovando, imaginando, modelando y remodelando en el estado adulto, e inclusive en la vejez.

Con estos antecedentes es hora de entrar en materia de sueños.

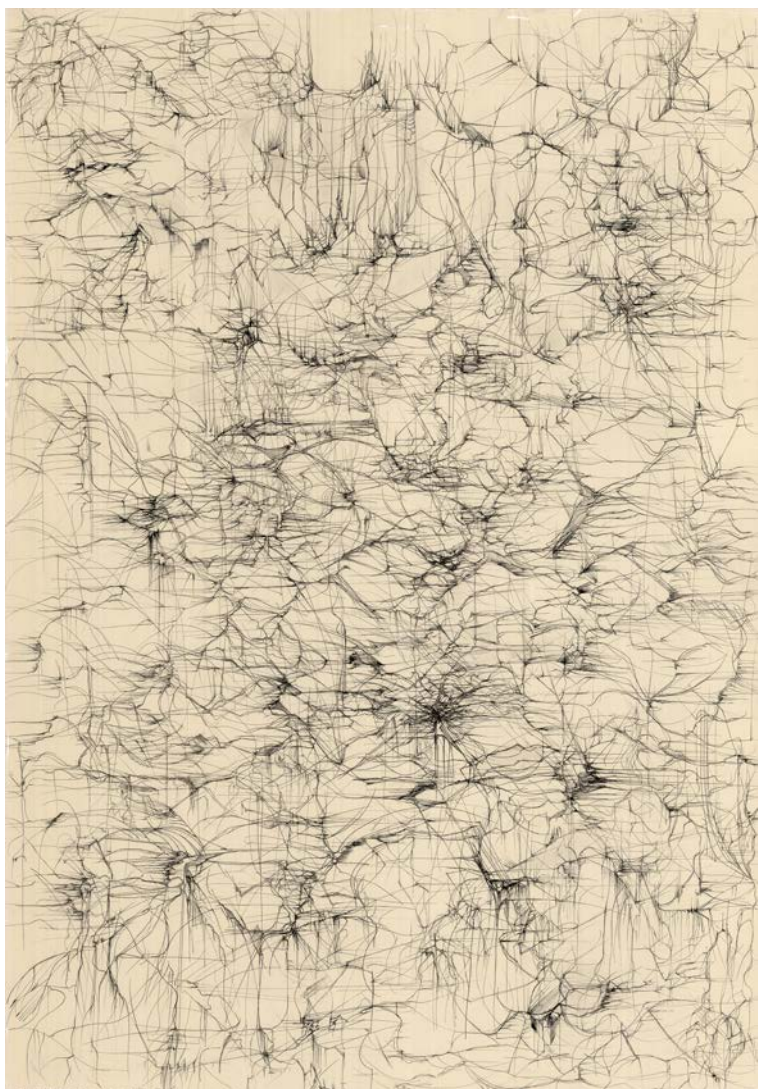
Desde hace mucho se ha documentado el interés de la humanidad por el y los sueños; tal vez el primer referente es un papiro egipcio encontrado en la necrópolis de Deir el-Medina, datado hacia el año 1275 de nuestra era, el cual corresponde al reinado de Ramsés II y está hoy bajo la custodia del Museo Británico; es el denominado Papiro Chester Beatty 3 o, simplemente, *El libro antiguo de los sueños*. Pero como siempre, cuando buscas, los chinos lo hicieron antes, y he aquí al artífice: Ji Dan, mejor conocido como el duque de Zhou (1100-771 a. e. c.), personaje al que se le atribuye la recopilación de un gran catálogo de sueños, ensoñaciones diríamos hoy, y sus posibles interpretaciones, además de su valor anticipatorio y pronóstico. En realidad el sueño y soñar –las ensoñaciones– disponen de alrededor de un tercio de la existencia humana y en muchos animales, la mitad de su vida.

Este trabajo se centra básicamente en los fenómenos oníricos y su relación con el fenómeno de la conciencia, más que en los fenómenos fisiológicos propios del sueño, tales como su génesis, fases y representaciones electroencefalográficas.

LA METÁFORA COMO NUEVA EXPLICACIÓN CONSTITUTIVA DE LAS ENSOÑACIONES

En este punto echaré mano de lo que considero un instrumento de la inteligencia (al menos en el humano): la metáfora (Pellicer, 2014), o un mecanismo de la conciencia. Me explico: metáfora significa traslación; en realidad, en su raíz más íntima es llevar la voz *más allá de su significado original* pero, diría yo, en paralelo a la idea primigenia. Un concepto que se relaciona con la analogía y la rebasa en el sentido de que aporta un concepto para entender un proceso que por su complejidad o su falta de definición, necesita de esta prótesis constructiva para su entendimiento.

© Héctor Salazar. Mou-Str-4FK.
70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, 2021.



¿La metáfora puede ser polivalente? ¿Algo con diversas interpretaciones puede ser un instrumento, al menos utilizable en la ciencia cognoscitiva o para dar una explicación de la construcción de las ensoñaciones? Pareciera ser que sí. En literatura esta figura es puramente contextual; de hecho, es el contexto lo que hace a las metáforas, cuando bien hechas, bellas e inteligentes, también en el más estricto sentido etimológico del último término: *entre leer* el paralelismo que queremos poner de manifiesto. Pero qué pasa cuando es usada no nada más como recurso poético o didáctico, sino como un verdadero instrumento, aparentemente generado desde nuestro pensamiento, para facilitar el entendimiento.

Dicho esto, pareciera que el pensamiento, este producto o consecuencia de nuestro arreglo neuronal que nos provee –entre otras herramientas– del instrumento para comunicarnos con nosotros mismos, tiene inscrito en la genética del lenguaje la posibilidad de expresar en su repertorio semántico una figura, la metáfora, con la cual podemos aproximarnos o intentar comprender: atributos, conceptos y categorías que nos ayudan a entender fenómenos complejos como el de la conciencia.

Es así como esta herramienta puede operar también en la génesis y construcción de las ensoñaciones otorgando a las imágenes o al entorno sensorial que las constituye una valencia en función de su carga afectiva-cognoscitiva. Me explico: a lo largo de la vigilia uno interactúa con sujetos, objetos y situaciones; estas interacciones pueden ser, por fragmentarlas en cuatro categorías, irrelevantes, medianamente relevantes, muy relevantes o la que denomino de alto impacto en término de vivencia. Son estas interacciones las que determinarán si se desechan (las irrelevantes) o mantienen una traza cognoscitiva, lo que implica persistencia temporal, valencia afectiva, en una palabra: relevancia vital o indeleble para cada quien. Como se podrá intuir, mismos hechos o acontecimientos no representan las mismas valencias entre los individuos. En este sentido, la construcción de las ensoñaciones es tan contextual como la metáfora de vida de cada quien (Rivera-García *et al.*, 2020).

Estos son los primeros pasos cognoscitivos-afectivos para la construcción del contenido de las ensoñaciones y dan pie a varias reflexiones iconoclastas; la primera: hemos sobreestimado y sobreexpresado la o las funciones de las ensoñaciones. De hecho, esa ha sido la epistemología histórica con los tratados y catálogos de sueños mencionados al principio del texto y cientos más que han llegado hasta nuestros días, pasando por una pléyade de autores, muchos de ellos connotados como el mismo S. Freud. Está claro que la conciencia no está operando de la misma forma que en el estado consciente por excelencia que es la vigilia, por eso su fragmentación, su desconexión, su bizarría y de vez en vez sus momentos de hiperrealismo perturbador.

LA HIPÓTESIS DE LAS ENSOÑACIONES

COMO BASURA COGNOSCITIVA DE LA CONCIENCIA

El sistema de memoria “saca”, nos regala una escena –que puede ser evocada por un sinfín de circunstancias– pero todas con un alto contenido emocional. La jerarquización está prácticamente en esta esfera. Acto seguido, esa escena teatral y cartesiana comienza a ser descrita por nuestra narrativa constituyendo el espacio diegético, en realidad una metadiegesis mal parida, mal construida, mal lograda, misma que se convierte en ensoñación.

Esto da pie a la segunda reflexión: no creo que las ensoñaciones tengan valor como función adaptativa en el proceso evolutivo de los homínidos, como se ha propuesto por algunos autores. Simplemente son un subproducto nocturno del fenómeno diurno de la conciencia. Me explico: hoy sabemos que durante las distintas etapas que constituyen el sueño se llevan a cabo fenómenos de reparación constitutiva, síntesis de proteínas, disminución del metabolismo muscular, por citar algunos. Justamente y de manera paradójica, en el punto más profundo de la relajación, mucha de la actividad cerebral es electroencefalográficamente muy parecida, de hecho indistinguible, a la de la vigilia, con la excepción del mecanismo que justo impide

la acción del movimiento. Toda esta activación es completamente interna, generada desde adentro de la “caja negra”, mediante un proceso de memoria no cabalmente habilitada. Con una diegésis mal construida porque de alguna forma toda esa carga emocional recaudada durante la vigilia no puede ser desechada sino transformada, digerida con un proceso análogo al haber comido de manera *gourmet*, con mucha activación sensorial y deleite, los alimentos del día, para luego formar parte del mismo proceso de deconstrucción y aprovechamiento de cualquier alimento. A fin de cuentas, proveer la energía y los constituyentes nutricios para continuar sanos y con vida; y con un producto final común que desechamos todos... comamos lo que comamos. Este pareciera ser el escatológico final de las ensoñaciones, la vía final común del proceso de la conciencia diurna, provocativo, sin glamur.

Retomando la metáfora, en el proceso de construcción de las ensoñaciones habría que decir que para dar una explicación de algo en primera instancia debemos conocer al sujeto de dicha explicación, entre más conozcamos de él, la explicación reflejará mejor la esencia del sujeto. Para las ensoñaciones, esta operación estaría dada por la intensidad y la valencia del acto afectivo (Scarpelli *et al.*, 2019).

En realidad, la metáfora es en primera instancia un instrumento que nos ayuda a entrar y comprender situaciones, hechos o mecanismos pobremente elucidados y que por medio de ella convertimos en una especie de *pasacaglia*, es decir, en una tonadilla común, un referente para muchos o para todos con el cual se puede trasladar una idea que no explica a la primera la naturaleza del sujeto, objeto y sus circunstancias, pero me acerca, mediante un concepto previamente introyectado o parcialmente entendido. Esta sería la manera de explicar por qué diferentes personas sueñan ensoñaciones similares, con el mismo argumento, con la misma forma bizarra de presentarse en el escenario; de alguna forma es un cortometraje polivalente para muchos y esto se explica solo si existe una construcción o, en este caso, deconstrucción del patrón que genera el

fenómeno de conciencia, su almacenaje y el ensamblado desprolijo, abreviado, que da como resultado la ensoñación.

CÓMO PROBAR LA HIPÓTESIS CON UN MODELO DE PATOLOGÍA MENTAL

Lo anterior da pie a preguntarse qué sucede con este proceso, esta construcción, en los padecimientos mentales en los cuales justamente la valencia afectiva está comprometida, como sería el caso de los trastornos del espectro autista.

Los pocos reportes publicados al respecto mencionan sueños perturbadores, algunas veces con contenido sexual informe e indefinido que dejan sensaciones confusas, las que frecuentemente hacen despertar a los sujetos que los presentan (Sapountzis y Bennet, 2014).

También se ha tratado de dar una interpretación funcional en el espectro autista al hecho de la lateralización de la actividad electroencefalográfica durante los relatos de las ensoñaciones, relacionándolos con su valencia afectiva, negativa o positiva, y tomando en cuenta la “especialización del procesamiento de las emociones por los hemisferios cerebrales”. Se ha relacionado la activación del lóbulo frontal izquierdo con la expresión de emociones positivas, mientras que la activación del frontal derecho se ha ligado a las emociones negativas. En suma, los reportes muestran que la actividad alfa del electroencefalograma se asocia con las ensoñaciones, y el contenido de estas ensoñaciones estaría en relación con la lateralización en los lóbulos frontales del cerebro y la valencia emocional que expresan.

Otro hallazgo importante en el comportamiento emocional atípico en el autismo está dado por los reportes de ensoñaciones menos elaboradas comparadas con las de individuos normales (Daoust *et al.*, 2001); aquellas se reportan con menos palabras, menos contenidos, menos interacciones sociales y con menos expresiones de emoción que las de los controles; esto incluye una mayor prevalencia de emociones de valencia negativa que positiva. Toda esta evidencia, y en especial el trabajo de Daoust y



© Héctor Salazar. Drm-La soledad 01.
70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, markers, airbrush, 2023.

colaboradores (2008) muestra que la generación de ensoñaciones en los pacientes con espectro autista debe de implicar una conectividad distinta comparada con la de individuos con desarrollo normal.

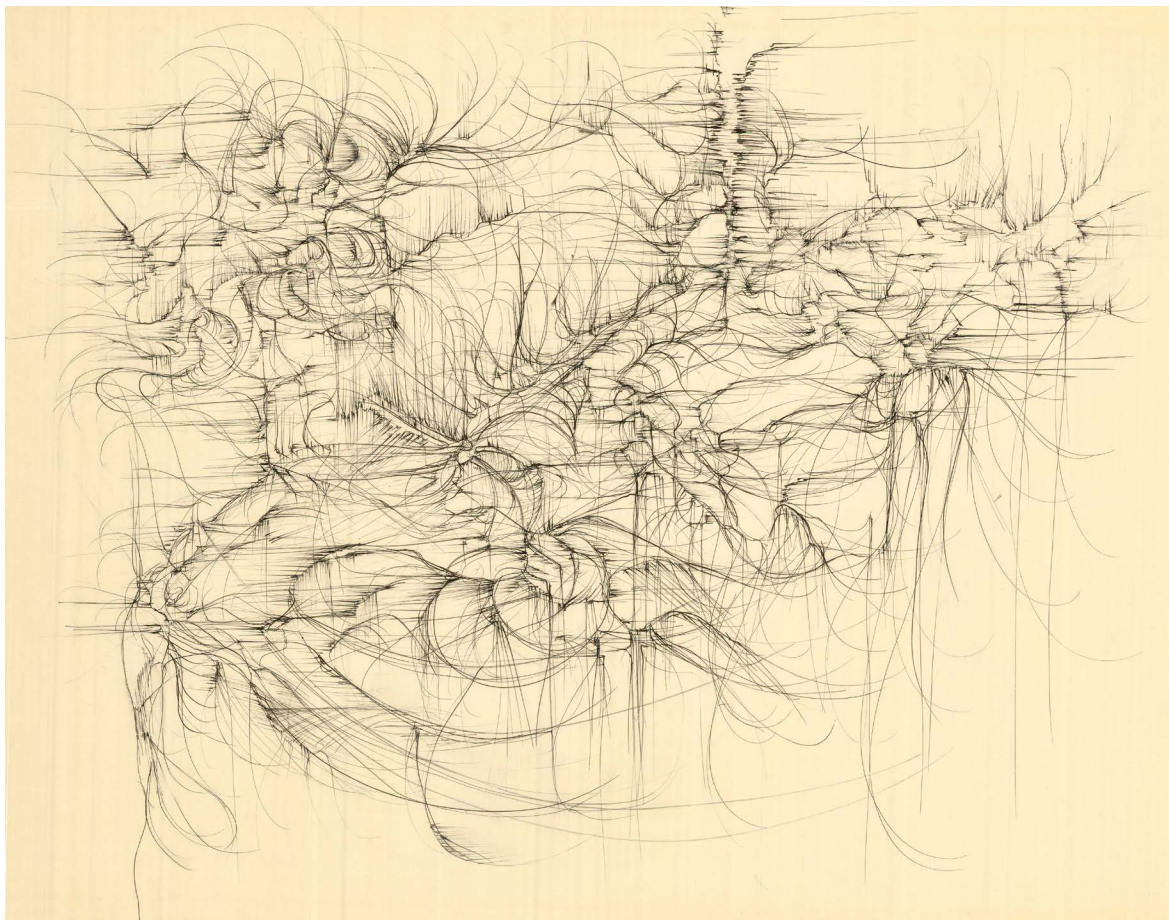
Por otro lado, se han asociado varias vías neuronales y neurotransmisores a las ensoñaciones, pero hay que ser cuidadosos en no confundir o asociar algunos neurotransmisores con la generación de las distintas etapas del sueño o, inclusive, con los sistemas del despertar a los que están relacionados, con su acción en las ensoñaciones o en los procesos de conciencia correspondientes. Para sustentar este punto me referiré a algunos fármacos que inducen o exacerban las ensoñaciones.

Está bien documentado que la administración de colinomiméticos, o antagonistas de la colinesterasa (Watson et al., 2010), la dopamina y agonistas opioidérgicos no solo incrementa la cantidad o el tiempo del soñar, sino también la intensidad afectiva de los mismos, que se reportan como “más vívidos o veraces”, inclusive como pesadillas, particularmente en los pacientes con enfermedad de Parkinson medicados con agonistas dopaminérgicos o el precursor levodopa (Happe et al., 2001).

Existe también una gran cantidad de plantas catalogadas como medicinales que de forma ancestral se han utilizado e identificado como inductoras o productoras de ensoñaciones; un par de ejemplos son *Calea zacatechichi* y *Salvia divinorum*, las cuales se han usado de forma ritual por antiguas etnias con el fin de inducir ensoñaciones utilizadas como material premonitorio o adivinatorio por chamanes o colectivos tribales. Ciertamente, muchas de estas sustancias producen alucinaciones o están muy cerca de hacerlo. Esta línea de estado puede estar determinada por la dosis, que en la mayoría de los casos es difícil de determinar ya que la forma de administración (infusiones o extracciones) no permite controlar con exactitud la cantidad de componentes o sustancias activas ingeridas.

Nuestro grupo ha realizado algunos acercamientos experimentales con modelos animales en los cuales se ha podido determinar el papel de *Salvia divinorum* en la actividad electrocorticográfica de la rata; y creo que es muy importante delimitar la función de estos modelos como fuente de conocimiento, frecuentemente connotados como reduccionistas y, por tanto, poco válidos como fuente epistémica. Al respecto, pienso que son aproximaciones reducidas, que no reduccionistas, es decir, son modelos que responden a preguntas más o menos acotadas en sus interacciones, lo que nos ofrece ciertos controles de validez epistémica.

Los resultados de estos estudios mostraron que la actividad electrocorticográfica de las ratas a las que se administró un extracto de *Salvia divinorum* incrementó el espectro de potencia absoluto en



© Héctor Salazar. Tremor1-b-lsddd-100 ug. 50 x 65 cm, glossy paper, precision pen, 2023.

las regiones cerebrales anteriores, relacionadas con la actividad motora, y disminuyó la potencia absoluta en la región posterior, relacionada con la actividad somatosensorial. Este efecto se da de la misma forma y en el mismo periodo que cuando se consume inhalada en el humano, el cual reporta alucinaciones visuales potentes y bizarras con efecto de corta duración (Simón-Arceo *et al.*, 2017). Esto nos proporcionó las herramientas experimentales para poder determinar el papel del agonismo *k* opioide sobre estos procesos (Coffeen *et al.*, 2019). En este sentido, el sueño y los estados conductuales que acompañan al fenómeno onírico también han sido reportados en el pulpo, un cefalópodo aparentemente primitivo, pero con capacidades cognitivas excepcionales; aunque la evidencia

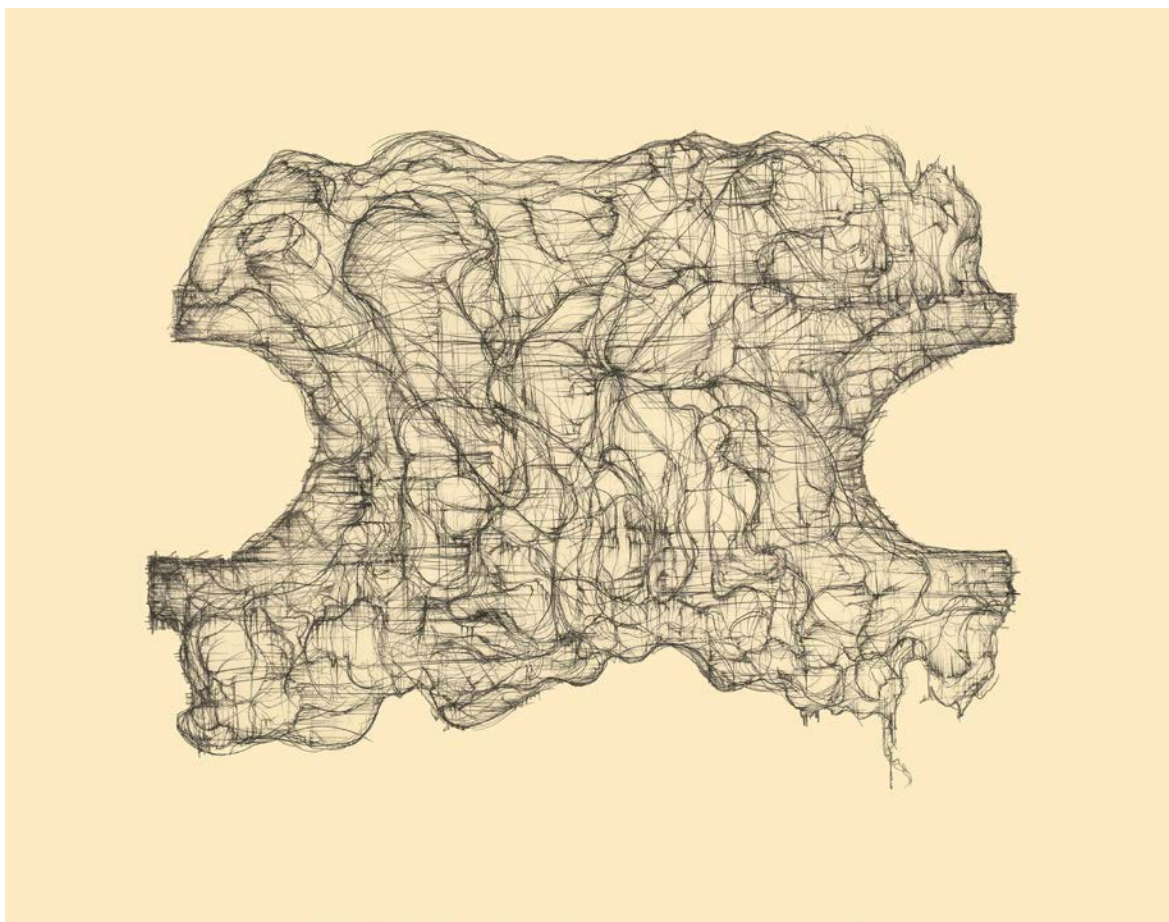
es un correlato conductual, estos enfoques experimentales tienen un gran valor epistémico y deben ser valorados.

CONSIDERACIONES FINALES

Como podemos observar, hay varios actores con distintos protagonismos es este complejo y transversal proceso que son las ensoñaciones. Creo que estas son un subproducto o producto residual del no menos complejo proceso que es la conciencia. Espero que este ensayo ofrezca una alternativa epistémica para futuras discusiones sobre el tema.

R E F E R E N C I A S

Pellicer F (2024) La metáfora: ¿instrumento de la inteligencia o mecanismo de la conciencia? *Elementos* 94:29-31.



© **Héctor Salazar**. 5A9Q-HNP. Cuero-4fk-70 um. 50 x 65 cm, glossy paper, precision pen, markers, airbrush, 2023.

Rivera-García AP, Cruz-Aguilar MA and Ramírez-Salado I (2020) REM, Sleep and Dreams: Towards Emotional Insight. In: Ramírez-Salado Ignacio, Rivera-García Ana Paula C-AM (Eds.) *Sleep, cognition and Emotion: From molecules to Social Ecology*. New York: NOVA Science Publishers, p. 203-28.

Scarpelli S, Bartolacci C, D'Atri A, Gorgoni M and De Gennaro L. The functional role of dreaming in emotional processes. *Front Psychol* 10:1-16.

Sapountzis I and Bennett L (2014) Sharing Alien States and Experiences through Dreams: Working with Adolescents on the Autism Spectrum. *Journal of Infant, Child, and Adolescent Psychotherapy* 13(2):98-107.

Daoust A, Mottron L and Godbout R (2001). Dream content analysis in Asperger's Syndrome. *Sleep* 24:A184-5.

Daoust AM, Lusignan FA, Braun CMJ, Mottron L and Godbout R (2008). EEG correlates of emotions in dream narratives from typical young adults and individuals with autistic spectrum disorders. *Psychophysiology* 45(2):299-308.

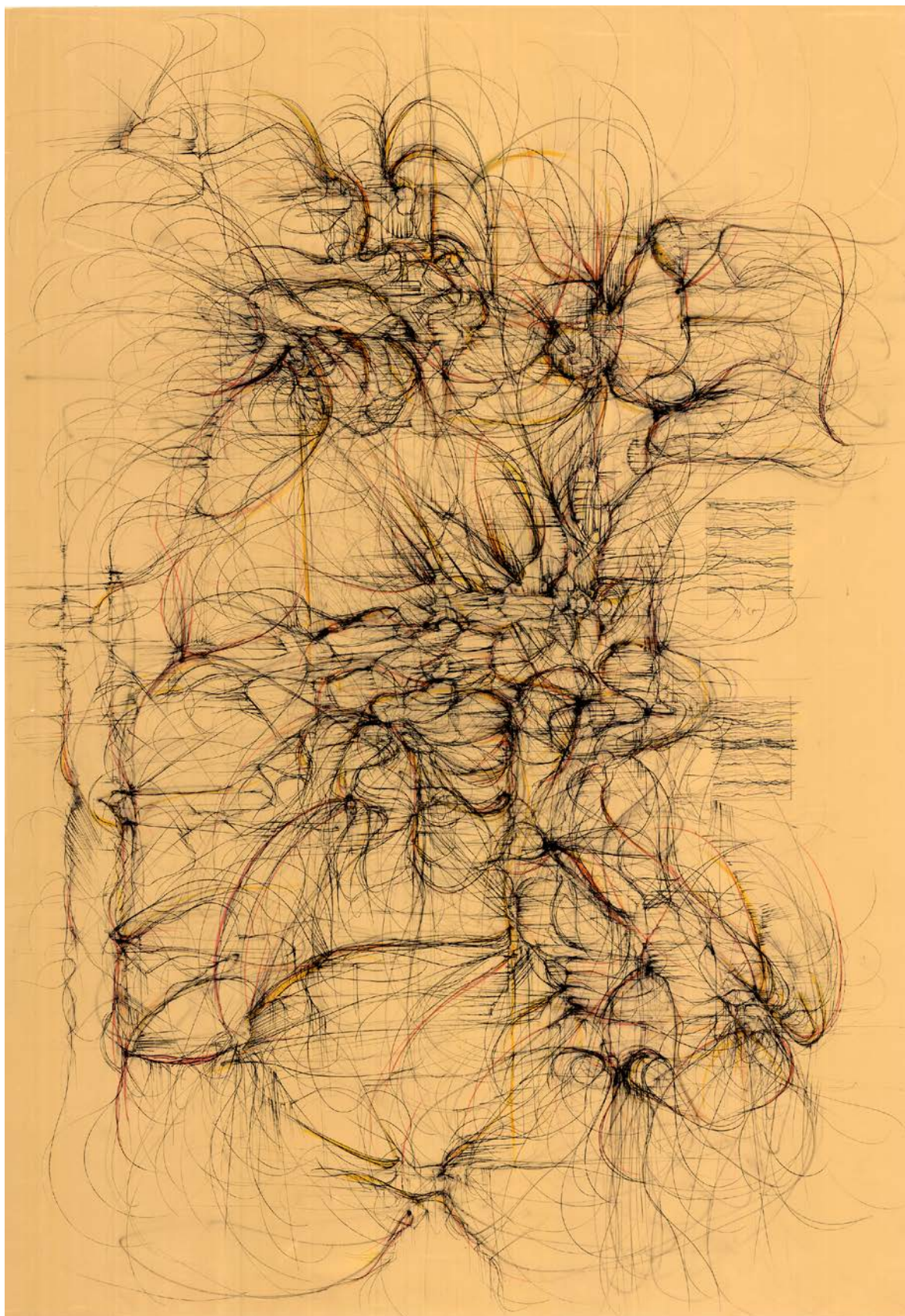
Watson CJ, Baghdoyan HA and Lydic R (2010). Neuropharmacology of sleep and wakefulness. *Sleep Med Clin* 5(4):513-28.

Happe S, Schrod B, Faltl M, Muller C, Auff E and Zeitlhofer J (2001). Sleep disorders and depression in patients with Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand* [Internet] 104(5):275-80.

Simón-Arceo K, González-Trujano ME, Coffeen U, Fernández-Mas R, Mercado F, Almanza A, Contreras B, Jaimes O and Pellicer F (2017). Neuropathic and inflammatory antinociceptive effects and electrocortical changes produced by *Salvia divinorum* in rats. *J Ethnopharmacol* 206:115-24.

Coffeen U and Pellicer F (2019). *Salvia divinorum*: From recreational hallucinogenic use to analgesic and anti-inflammatory action. *J Pain Res* 2:1069-76.

Francisco Pellicer
Instituto Nacional de Psiquiatría
Ramón de la Fuente Muñiz
pellicer@imp.edu.mx



© Héctor Salazar. Oro-2-4k. 70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, markers, airbrush, 2023.

¿Cómo estudiar el proceso neuroinflamatorio?

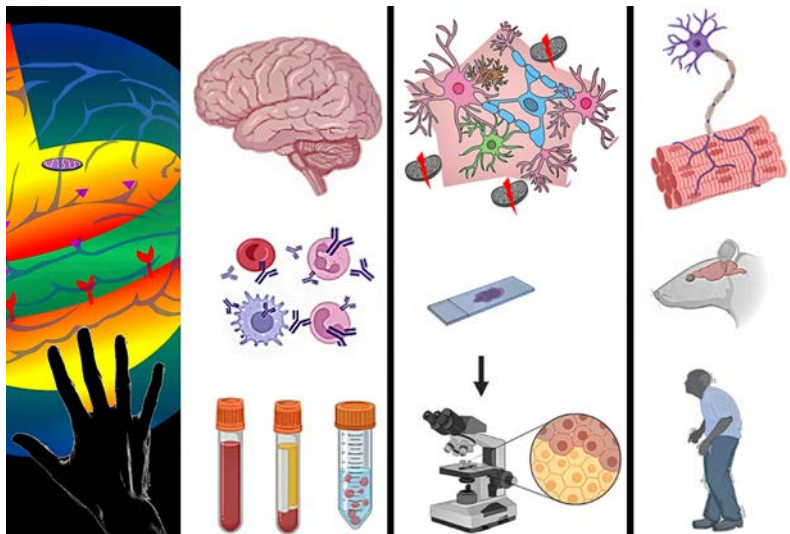
Paola B. **Pensado Guevara**
Yazmín M. **Flores Martínez**
Daniel **Hernández Baltazar**

La dinámica de vida de la población actual supone la exposición a múltiples factores estresantes como el alto consumo de comida rápida, el sedentarismo, el calentamiento global, el uso de tecnologías diversas y las infecciones. La frecuente e intensa exposición a estímulos estresantes promueve la activación de la neuroinflamación, un proceso biológico complejo que involucra el reclutamiento de células microgliales y astrocitos, la liberación de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, así como de proteínas de respuesta inmune como las citocinas, además de factores neurotróficos, todo ello en un microambiente en donde puede gestarse la neurodegeneración; por ello, la repetición del estímulo estresante favorece el desarrollo de enfermedades.

EL ESTRÉS Y LA NEUROINFLAMACIÓN

El estrés es un mecanismo biológico útil en el mantenimiento de la estructura y función celular; sin embargo, cuando las células son estimuladas de forma exacerbada se provoca el distrés. El sutil balance entre el estrés y el distrés depende del estrés oxidativo (proceso caracterizado por la producción y liberación de especies reactivas de oxígeno), y del correcto funcionamiento del eje

Figura 1. La vinculación de los análisis bioquímicos, histológicos y conductuales en la investigación básica y clínica favorece la comprensión de las bases neurobiológicas de la salud y la enfermedad.



hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA), un sistema que permite la interacción del cerebro con el resto de órganos del cuerpo mediante un glucocorticoide denominado cortisol.

Interesantemente, el incremento de cortisol modifica las frecuencias cardíaca y respiratoria, la tensión arterial y la temperatura, potenciando con ello la alteración de la resistencia a patógenos, dificultad para el restablecimiento del balance hormonal, incapacidad de regular la expresión de genes, así como la instauración de la inflamación sistémica, y la neuroinflamación, la cual ha sido vinculada al desarrollo de enfermedades neurológicas crónicas (Cibrian-Llenderal *et al.*, 2018).

La inflamación y la neuroinflamación son respuestas complejas provocadas por una lesión; no obstante, exhiben dos diferencias sustanciales: el lugar donde se produce y las células involucradas. La inflamación ocurre en cualquier parte del cuerpo a excepción del cerebro y está mediada por los macrófagos, mientras que la neuroinflamación acontece en la cercanía de las neuronas e involucra la proliferación, reclutamiento y migración de microglía.

Los macrófagos y la microglía son células inmunológicas especializadas en la reparación y contención del daño tisular (Hernandez Baltazar *et al.*, 2020).

Si bien la inflamación y la neuroinflamación comparten algunos eventos que involucran la liberación de células vasculares, inmunitarias y mediadores químicos como las prostaglandinas PGE, PGE2, PGF2a, además de óxido nítrico e histamina, la neuroinflamación implica la participación de cinco procesos biológicos particulares: el incremento de citocinas proinflamatorias, el aumento de infiltrados leucocitarios, la activación microglial en el sitio de la lesión, la promoción de factores antiinflamatorios y el daño tisular. Curiosamente, en el encéfalo, el impacto del estrés puede ser contenido mediante la activación microglial (microgliosis) y la activación de astrocitos (astrocitosis) que, en conjunto, reciben el nombre de gliosis reactiva (Woodburn *et al.*, 2021).

Las células microgliales constituyen aproximadamente el 10 % de las células de tipo macrófago del sistema nervioso central, con una alta capacidad de reconocimiento de antígenos mediante el complejo principal de histocompatibilidad. Su habilidad para detectar las perturbaciones del microambiente neuronal le permite interactuar con los astrocitos en pro de contener la propagación del estrés oxidativo, favoreciendo la restauración celular y evitando la muerte celular (Flores Martínez *et al.*, 2018).

La neuroinflamación y los mediadores inmunitarios desempeñan un papel clave en la lesión y la restauración del tejido neuronal, lo cual ha sido

Biomarcadores neuronales	Señalización	Función
Caspasas (1, 2, 4, 5, 9 y 12)	Intracelular	Activan cambios conformacionales por dimerización que derivan en inflamación y muerte celular.
Citocinas proinflamatorias (IL-1β, IL6)		Participan en la señalización del sistema inmunológico modulando la lesión tisular.
Complejos del complemento (CR1, CR2 y CR3)	Extracelular	Favorecen la producción de citocinas y la presentación de antígenos.
Neuropéptidos (ACTH, encefalina, TRH)		Participan en la excitación membranal, sinaptogénesis y transporte sináptico.
Exosomas (miR-26a, Anexina A1, miR155)		Tienen función antiinflamatoria inducida por glucocorticoides y actividad metabólica.
Proteína C reactiva		Actúa como anticoagulante y modula la función leucocitaria.
Biomarcadores gliales	Señalización	Función
Aβ-42	Intracelular	Marcador de amiloidosis, importante referente en la demencia frontotemporal.
GFAP, YKL40, S100		Marcadores de superficie en astrocitos y células de Schwann.
Strem2		Modulación de fagocitosis, proliferación y supervivencia celular.
CD11b/c y CD14		Marcadores de superficie celular en macrófagos y monocitos.

Tabla 1. Biomarcadores neuronales y gliales de neuroinflamación.

evidenciado a partir de análisis histopatológicos. Se ha demostrado que difícilmente las neuronas son capaces de sobrevivir cuando se encuentran rodeadas de microglía activada cuyas características morfológicas evidentes son el aspecto ameboso, el soma engrosado y la disminución de las ramificaciones, sobre todo cuando esta activación es sostenida; por ello, el daño se vincula

a la magnitud del estímulo y propicia dos tipos de microglía y astrología: el fenotipo 1 o neurotóxico (M1 para microglía y A1 para astrocitos) y el fenotipo 2 o neuroprotector (M2 o A2) (Hernandez-Baltazar *et al.*, 2020; Luna-Herrera *et al.*, 2020).

En este contexto, la neuroinflamación moderada cumple un papel fisiológico, mientras que en condiciones severas se asocia con diversas enfermedades. Un proceso patológico basado en la activación del proceso neuroinflamatorio puede estudiarse básicamente en tres niveles, el bioquímico, el histológico y el conductual.

ANÁLISIS BIOQUÍMICO

Durante la instauración del proceso neuroinflamatorio se liberan sustancias con funciones mediadoras y moduladoras usadas como biomarcadores, producto de la activación del sistema inmunológico, por ejemplo, quimiocinas y citocinas liberadas a partir de neutrófilos, monocitos, macrófagos, células B y T o marcadores como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), el interferón gamma (INF- γ), el óxido nítrico, la sintasa de óxido nítrico inducible (iNOS) y las interleucinas, factores que de manera sistémica o local derivan en la activación del sistema inmune innato (Flores Martínez *et al.*, 2018).

Estos biomarcadores son cuantificados por métodos específicos como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés), los ensayos de inmunoabsorbencia ligados a enzimas (ELISA), y la citometría de flujo, así como ensayos para cuantificar la expresión génica por reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés), o la presencia de proteínas por espectrofotometría o quimioluminiscencia. Si bien el metabolismo celular es complejo, es importante comentar que hay moléculas que son producidas constantemente, y otras de forma transitoria por efecto de un estímulo. En este sentido, esas moléculas (que pueden tener naturaleza proteica o no) pueden ser también un biomarcador, como los indicados en la Tabla 1.



© Héctor Salazar. Sol de invierno 02-kish.
70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, airbrush, marker, 2023.

Interesantemente, estos biomarcadores pueden ser identificados tanto por métodos de análisis bioquímico como por protocolos de análisis celular e histológico.

ANÁLISIS HISTOLÓGICO

En el estudio de los cambios morfológicos se han implementado técnicas de imagenología como la resonancia magnética nuclear y la tomografía, mientras que el análisis histológico destaca por el uso de biopsias seccionadas y teñidas, según el interés particular, empleando técnicas básicas basadas en histoquímica o inmunomarcajes fluorescentes específicos. La histoquímica, en términos de la identificación de marcadores de inflamación o neuroinflamación, permite identificar sustancias contenidas en un tejido, es decir, moléculas resultantes de una respuesta inmunitaria con ayuda de

un indicador que puede ser enzimático o fluorescente. Por ejemplo, mediante la unión específica antígeno-anticuerpo, como la que se logra con el anticuerpo monoclonal CD11b/c (OX-42) que permite identificar los fenotipos macrofágicos M1 o M2 (Hernandez Baltazar *et al.*, 2019, 2020).

En este sentido, las técnicas histológicas son fundamentales en la clasificación de enfermedades y en el seguimiento oportuno a partir de las biopsias. La obtención de biopsias en el análisis histológico se encuentra sumamente limitado y compromete en mayor medida al individuo; además, puede considerarse un procedimiento más lento, el cual se realiza por identificación visual y de manera individual por un especialista con apoyo de un microscopio y laminillas previamente teñidas. Los cambios que se pueden observar a nivel celular pueden ser esencialmente de tres tipos: atrofia, muerte celular y adaptación; en los tres casos la constante es el cambio de forma, lo cual es posible por la comunicación intracelular mediada por moléculas. Esto nos hace suponer la activación de un circuito que, al menos cuando sucede en el encéfalo, da pauta a modificaciones en la conducta de los individuos.

ANÁLISIS CONDUCTUAL

Las alteraciones conductuales se dividen en procesos transitorios o permanentes. Las alteraciones conductuales transitorias o agudas como el insomnio, la reducción de movilidad por eventos traumáticos reversibles o trastornos del ánimo como la ansiedad, pueden ser tratadas con terapia farmacológica, fitoquímica o física; mientras que las permanentes, por ejemplo el trastorno depresivo mayor y las tendencias suicidas, que comprenden procesos degenerativos crónicos, son de difícil tratamiento (Gagne y Brake, 2022).

La complejidad del tratamiento de pacientes con trastornos relacionados con traumas (trastornos de apego reactivo, de adaptación, o de relación social desinhibida) o los pacientes con enfermedades crónicas, estriba en que el cerebro alberga procesos neuroinflamatorios crónicos y degeneración neuronal (Puga-Olguín *et al.*, 2020).

Revisemos en este contexto a las enfermedades de Alzheimer y Parkinson. En la enfermedad de Alzheimer predomina el deterioro del hipocampo y la amígdala (Dhapola *et al.*, 2021), se altera la memoria y otras funciones cognitivas como el aprendizaje y el lenguaje, principalmente en personas mayores de 60 años, con una progresión negativa al cabo de cierto tiempo que dificulta la ejecución de diversas tareas e incapacita al individuo (Gomes *et al.*, 2021). En la enfermedad de Parkinson, la participación de la neuroinflamación en la progresión del daño neuronal promueve la disfunción motora (Hernandez-Baltazar *et al.*, 2019).

Se conocen otras patologías que son potenciadas por la neuroinflamación, entre ellas la esclerosis múltiple, la encefalomielitis, la meningitis bacteriana, el estrés psicológico y el accidente cerebrovascular isquémico, incluso el cáncer (Woodburn *et al.*, 2021).

En investigación preclínica se han implementado distintas pruebas conductuales en modelos animales que permiten evaluar comportamientos motores y no motores, como las pruebas de campo abierto, nado forzado, laberinto en T, laberinto de brazos elevados y rotarod (Soto-Rojas *et al.*, 2020), pero ante la necesidad de parámetros más específicos se han utilizado pruebas de manera simultánea y otros indicadores de manera complementaria, como las pruebas bioquímicas e histológicas.

CONCLUSIÓN

El estudio del proceso neuroinflamatorio es complejo, particularmente porque tiene un origen multifactorial, por esta razón debe ser analizado desde su componente bioquímico, histológico y conductual con el objetivo de poder identificarlo y evaluarlo en el particular microambiente en que se ha generado.

REFERENCIAS

Flores Martínez YM, Fernandez Parrilla MA, Ayala Davila J, Reyes Corona D, Blanco Alvarez VM, Soto Rojas LO, Luna Herrera C, Gonzalez Barrios JA, Leon Chavez BA, Gutierrez Castillo ME, Martínez Dávila



© Héctor Salazar. Oro-0-4k-7.
A3, glossy paper, precision pen, markers, airbrush, 2023.

IA and Martinez Fong D (2018). Acute neuroinflammatory response in the substantia nigra pars compacta of rats after a local injection of lipopolysaccharide. *Journal of Immunology Research* 2018:1-19.

Gagne C, Piot A and Brake WG (2022). Depression, estrogens, and neuroinflammation: A preclinical review of ketamine treatment for mood disorders in women. *Frontiers in Psychiatry* 12:1-18.

Gomes FC, Mattos MF, Goloni-Bertollo EM and Pavarino EC. (2021). Alzheimer's disease in the down syndrome: An overview of genetics and molecular aspects. *Neurology India* 69:32-41.

Cibrian-Llenderal IT, Melgarejo Gutierrez MA and Daniel Hernandez-Baltazar (2018). Academic stress and cognition: Physiological basis and support resources. In *Health and Academic Achievement. IntechOpen*. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/chapters/59046>.

Hernandez Baltazar D, Nadella R, Barrientos Bonilla A, Flores Martínez Y, Olguín A, Heman Bozadas P, Rovirosa Hernández M and Cibrián Llenderal I (2020). Does lipopolysaccharide-based neuroinflammation induce microglia polarization? *Folia Neuropathologica* 58:113-122.

Hernandez Baltazar D, Zavala Flores LM, Nadella R, Rosas-Jarquín CJ, Rovirosa-Hernandez RH and Villanueva-Olivo A (2019). Four main therapeutic keys for Parkinson's disease: A minireview. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 22:716-721.

Luna Herrera C, Martínez Dávila IA, Soto Rojas LO, Flores Martinez YM, Fernandez Parrilla MA, Ayala Davila J, León Chavez BA, Soto Rodriguez G, Blanco Alvarez VM, Lopez Salas FE, Gutierrez Castillo



ME, Gatica García B, Padilla Viveros A, Bañuelos C, Reyes Corona D, Espadas Alvarez AJ, Garcés Ramírez L, Hidalgo Alegria O, De La Cruz López F and Martínez Fong D (2020). Intranigral administration of Beta-Sitosterol-Beta-D-Glucoside elicits neurotoxic A1 astrocyte reactivity and chronic neuroinflammation in the rat substantia nigra. *Journal of Immunology* 2022:1-19.

Puga Olguín A, Fernández Demeneghi R, Flores Aguilar LA, Hernández Baltazar D y Cibrián Llanderal IT (2020). Trastornos relacionados con traumas y factores de estrés: una visión multidisciplinaria. En: *Trastornos neurofuncionales. Perspectivas neurobiológicas y de atención*. 1:85-105.

Soto Rojas LO, Bañuelos C, Garcés Ramírez L, Luna Herrera C, Flores Martínez, YM, Soto Rodríguez G, Gatica García B, López Salas FE, Ayala Dávila J, Gutiérrez Castillo ME, Padilla Viveros A, de la Cruz López F, Martínez Davila IA and Martínez Fong D (2020). A sequential

methodology for integral evaluation of motor and non-motor behaviors in parkinsonian rodents. *MethodsX* 7:1-13.

Woodburn SC, Bollinger JL and Wohleb ES (2021). The semantics of microglia activation: neuroinflammation, homeostasis, and stress. *Journal of Neuroinflammation*. 18:1-16.

Paola B. Pensado Guevara
Instituto de Neuroetología
Universidad Veracruzana
paoly_R21@hotmail.com

Yazmín M. Flores Martínez
Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
Instituto Politécnico Nacional

Daniel Hernández Baltazar
Instituto de Neuroetología
Universidad Veracruzana

Esquizofrenia: papel de la inflamación durante el embarazo

Ernesto Griego

Los trastornos neuropsiquiátricos constituyen un problema de salud pública de gran impacto social y económico en México y en todo el mundo. La esquizofrenia, un trastorno mental sumamente complejo y usualmente incomprendido, ha cautivado la atención de neurocientíficos, médicos y población en general por décadas. Esta enfermedad es uno de los trastornos psiquiátricos que más identifica la población quizá debido a su presencia en programas de televisión, películas y obras literarias. La esquizofrenia está definida por una disociación de la realidad, así como por pensamientos desorganizados y alteraciones en las respuestas cognitivas y emocionales (Kahn *et al.*, 2015). Clínicamente se caracteriza por una triada de síntomas genéricamente conocidos como positivos (alucinaciones, delirios y paranoia), negativos (anhedonia, alejamiento de la vida social y ansiedad) y cognitivos (deterioro en el aprendizaje, memoria de trabajo y funciones ejecutivas). En ese sentido, la esquizofrenia constituye una de las enfermedades psiquiátricas más incapacitantes dada la enorme resonancia que tiene en las funciones cognitivas y en la percepción misma de la realidad en los pacientes. La etiología y los mecanismos neurobiológicos de la esquizofrenia, aunque mejor comprendidos que en otros trastornos psiquiátricos, no se conocen en su totalidad y, en consecuencia, son un tema de investigación vigente.

En los últimos 25 años ha adquirido gran relevancia la hipótesis de que la esquizofrenia y otras enfermedades neuropsiquiátricas, como los trastornos del espectro autista, se deben a alteraciones en el neurodesarrollo (Inui *et al.*, 2017; Owen *et al.*, 2011). En ese sentido, infecciones o traumatismos en el organismo materno pueden gatillar una respuesta inflamatoria que conduce a graves alteraciones en la fisiología fetal, entre ellas disrupciones en los procesos que modulan el desarrollo del sistema nervioso (Estes y McAllister, 2016). En consecuencia, una infección de vías urinarias, aparentemente de poca gravedad clínica para la madre, podría ser el inicio de una cascada de eventos que eventualmente conduzcan a la aparición de trastornos neuropsiquiátricos en la descendencia. Pero, ¿la inflamación materna por sí misma puede originar esquizofrenia en la descendencia? ¿Qué otros componentes forman parte de esta ecuación? A lo largo de este ensayo se discute el papel de la inflamación materna en la etiología de la esquizofrenia y otros trastornos psiquiátricos asociados a alteraciones en el neurodesarrollo.

ACTIVACIÓN INMUNE MATERNA Y ALTERACIONES EN EL NEURODESARROLLO FETAL

El concepto de activación inmune materna hace referencia a la respuesta inmune del organismo de la madre durante la gestación desencadenada por un estímulo nocivo, por ejemplo, una infección o un trauma. La naturaleza y características específicas del proceso inflamatorio en el organismo materno dependerán del estímulo que le dio origen. No obstante, un factor común es la liberación de una amplia gama de citocinas y factores inflamatorios. De entre todas esas moléculas, la interleucina 6 (IL-6), una de las citocinas proinflamatorias mejor estudiadas, ha sido particularmente asociada a las consecuencias de la activación inmune materna en el desarrollo fetal. Trabajos experimentales han demostrado que la sola administración de IL-6 es capaz de replicar los efectos nocivos de una infección materna en el neurodesarrollo de la descendencia (Smith *et al.*, 2007).

En otras palabras, no es la infección *per se* la que induce los cambios en el feto sino la respuesta inmune puesta en marcha en respuesta a la infección. Los cambios en la fisiología fetal son resultado de la interacción de estos mediadores inflamatorios, como la IL-6, con sus receptores, y la consecuente activación de cascadas de señalización que amplifican la inflamación y alteran, entre otras cosas, el curso normal del neurodesarrollo. La gran pregunta aquí es: ¿la aparición de trastornos como la esquizofrenia es una consecuencia directa de la activación inmune materna? La respuesta es no. De lo contrario, el porcentaje de personas con trastornos psiquiátricos sería considerablemente mayor a la realidad. La hipótesis de la inflamación o activación inmune materna no descarta el componente genético de los trastornos neuropsiquiátricos, sino que lo complementa. La constitución genética de un individuo es un factor de riesgo por sí mismo. Por ejemplo, en un reciente estudio publicado en la revista *Nature* se identificaron 10 genes directamente implicados en el desarrollo de esquizofrenia (Singh *et al.*, 2022). Sin embargo, el hecho de que una persona o un grupo de personas con parentesco familiar posea una constitución genética en la que estas variantes de genes estén presentes no significa que en automático y en definitiva desarrollará esquizofrenia. Aquí es donde empiezan a jugar un papel relevante las alteraciones en el ambiente, en este caso, la activación inmune materna. Aunque falta un largo trecho para demostrar relaciones causales y mecanismos involucrados, hay evidencia experimental que apoya la noción de que la activación inmune materna tiene un efecto particularmente pernicioso en algunos individuos, mientras que en otros no tiene mayor efecto (Mueller *et al.*, 2021). La constitución genética puede ser la causa de esa aparente divergencia. En ese sentido, una constitución genética “de riesgo” y ciertos factores ambientales como la inflamación materna no son la causa de la esquizofrenia, pero su combinación supone un mayor riesgo para su aparición. A esta dupla habría que añadir el componente epigenético, esto es, los mecanismos que regulan la expresión o silenciamiento de nuestros genes, lo cual es materia de discusión para otro artículo.

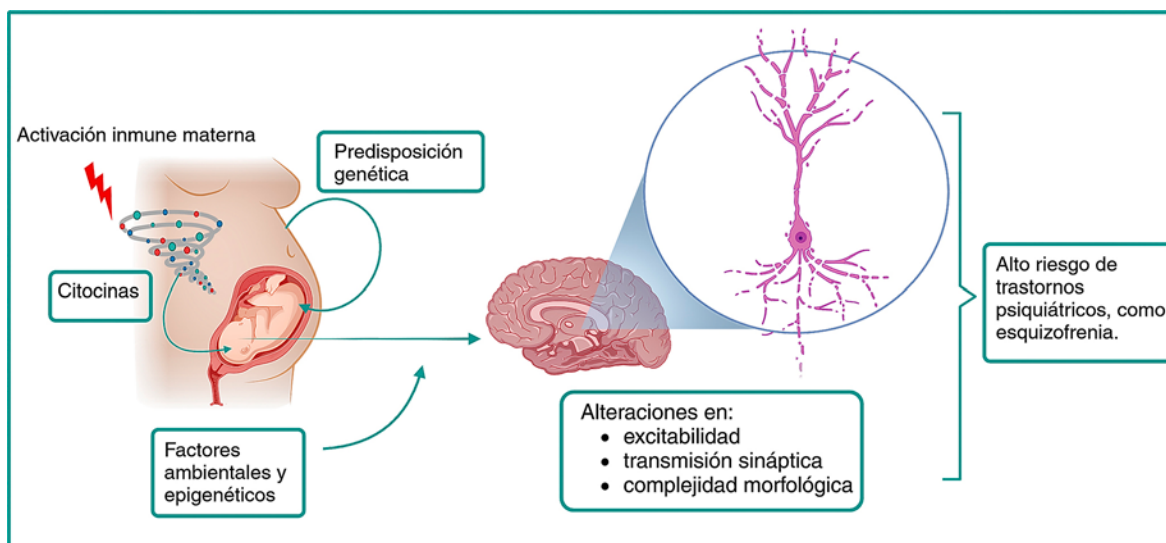


Figura 1. Posibles mecanismos neurobiológicos de la activación inmune materna en la descendencia. Un estímulo inflamatorio en un organismo materno, como una infección, genera una respuesta inmune que incluye la liberación de citocinas y otras moléculas capaces de cruzar la barrera materno-fetal. Una vez en contacto con el cerebro fetal, estas moléculas perturban el normal desarrollo del sistema nervioso llevando a alteraciones neurofisiológicas que eventualmente podrían subyacer el fenotipo conductual y el mayor riesgo de padecer trastornos neuropsiquiátricos en la descendencia.

¿QUÉ LE HACE LA ACTIVACIÓN INMUNE MATERNA AL CEREBRO FETAL?

Hasta hace no muchos años se consideraba que el sistema nervioso era un sistema inmunológicamente privilegiado, es decir, que formaba parte de un compartimento donde el sistema inmune no podía acceder. Hoy sabemos que no solo no es así, sino que el cerebro y el sistema nervioso central en su totalidad poseen un sistema inmune propio con células y moléculas que cumplen un rol fundamental a lo largo de toda la vida. Tan es así que, desde la vida intrauterina, el sistema inmune tanto de la madre como del feto modelan los procesos que dan forma al neurodesarrollo (Garay y McAllister, 2010). Citocinas, factores de crecimiento y otras moléculas del sistema inmune juegan un papel crítico en cómo se desarrollan y construyen los circuitos cerebrales que durante la madurez subyacen, no solo a nuestras funciones fisiológicas más básicas, sino también a las más exquisitamente complejas como la memoria, el aprendizaje y las emociones. No es difícil imaginar que un desequilibrio en el sistema inmune también tendrá consecuencias en tales circuitos, en su estructura y su función. Diferentes reportes han mostrado que la inducción

experimental de inflamación materna en modelos animales ya sea mimetizando una infección bacteriana o una viral, conduce a alteraciones anatómicas y neurofisiológicas en estructuras cerebrales íntimamente asociadas con la fisiopatología de la esquizofrenia y otros trastornos psiquiátricos. Estas estructuras incluyen –pero no se limitan a la corteza prefrontal y a la formación hipocámpal– estructuras cuyo papel en la cognición y en la personalidad ha sido ampliamente estudiado, aunque no del todo comprendido.

Entre las alteraciones reportadas en modelos animales destacan aquellas que involucran a la transmisión y plasticidad sináptica, así como deficiencias en el desarrollo morfológico de las neuronas que componen los circuitos cerebrales (Griego *et al.*, 2022).

Las características físicas y químicas del universo que nos rodea constituyen bloques de información que nuestras neuronas usan para generar una percepción individual y colectiva de aquello que llamamos realidad. Pero para lograr esa colosal tarea, las neuronas necesitan comunicarse eficientemente unas con otras.



© Héctor Salazar. Canal-1p-lsd, 150 ug. 50 x 65 cm, glossy paper, precision pen, 2023.

El cerebro humano, constituido por aproximadamente 86 mil millones de neuronas, utiliza la transmisión sináptica como mecanismo primario de comunicación. En este sistema, una neurona pre-sináptica establece comunicación con una neurona

postsináptica mediante la liberación de moléculas mensajeras llamadas genéricamente neurotransmisores. El neurotransmisor viaja en el espacio entre ambas neuronas (hendidura sináptica) y se une a la neurona postsináptica a través de receptores especializados en el reconocimiento de estos mensajes químicos.

En función del tipo de neurotransmisor liberado y del tipo específico de receptor al que este se une, se generará una respuesta determinada en la neurona postsináptica. El glutamato y el ácido γ-aminobutírico (GABA) son los dos principales neurotransmisores que median la transmisión sináptica en la corteza y el hipocampo.

En el cerebro maduro, y bajo condiciones fisiológicas, el glutamato se asocia a respuestas excitadoras o de activación. En otras palabras, cuando el glutamato se une a sus receptores promueve la activación de la neurona postsináptica.

Por otro lado, el GABA y sus receptores constituyen un sistema de inhibición. El balance entre la excitación y la inhibición está bajo un refinado control, dado que de ese balance depende en buena medida la eficiencia de la computación y transferencia de la información. Dicho lo anterior, se sabe que la activación inmune materna induce importantes alteraciones en este balance tanto en el hipocampo como en la corteza cerebral, estructuras cuyo papel es crítico en la fisiopatología de la esquizofrenia y otros trastornos asociados con anomalías en el neurodesarrollo. Al perderse ese equilibrio, toda la maquinaria neuronal responsable de transformar señales eléctricas y químicas en sensaciones, pensamientos y emociones se altera, lo cual sin duda contribuye a la percepción anómala de la realidad que caracteriza a la esquizofrenia (Liu *et al.*, 2021). La gran mayoría de estas alteraciones ocurre durante la vida prenatal y postnatal temprana; sin embargo, las consecuencias conductuales se manifiestan hasta la adolescencia. Descifrar los mecanismos detonantes, así como prevenirlos, resulta un objetivo primario para la comunidad científica interesada en entender y, en el mejor escenario, curar la esquizofrenia. La Figura 1 resume algunos de los mecanismos propuestos que podrían subyacer a las alteraciones neurobiológicas en la descendencia asociadas a la activación inmune materna.

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS A FUTURO

La ciencia moderna tiene la gigantesca tarea de descubrir las evidencias que sustenten la hipótesis

de la activación inmune materna a través de estudios mecanísticos en modelos animales y a través de estudios epidemiológicos. Tales estudios podrían proveer nuevas herramientas que incrementen nuestra comprensión de esta y otras enfermedades psiquiátricas. La esquizofrenia es una enfermedad cuyo estudio requiere una comunicación recíproca entre investigadores básicos, traslacionales y clínicos, así como médicos practicantes tanto del campo de la psiquiatría como de la neurología. Su naturaleza compleja, así como el abordaje terapéutico poco eficiente y la enorme estigmatización que sufren los y las pacientes, ponen de relieve la necesidad de encontrar estrategias holísticas para el diagnóstico y manejo de este trastorno. Adicionalmente, resulta imperativo el esfuerzo colectivo para asegurar la erradicación de la estigmatización a través de una cultura de empatía, apoyo y concientización, lo cual pavimentará el camino para lograr una mejora para aquellas personas cuya calidad de vida se ve severamente afectada por esta condición médica.

REFERENCIAS

- Estes ML and McAllister AK (2016). Maternal immune activation: Implications for neuropsychiatric disorders. *Science* 353:772-777.
- Garay PA and McAllister AK (2010). Novel roles for immune molecules in neural development: implications for neurodevelopmental disorders. *Frontiers in Synaptic Neuroscience* 2:136.
- Griego E, Segura-Villalobos D, Lamas M and Galván EJ (2022). Maternal immune activation increases excitability via downregulation of A-type potassium channels and reduces dendritic complexity of hippocampal neurons of the offspring. *Brain, Behavior, and Immunity* 105:67-81.
- Inui T, Kumagaya S and Myowa-Yamakoshi M. (2017). Neurodevelopmental Hypothesis about the Etiology of Autism Spectrum Disorders. *Frontiers in Human Neuroscience* 11:354.
- Kahn RS, Sommer IE, Murray RM, Meyer-Lindenberg A, Weinberger DR, Cannon TD, O'Donovan M, Correll CU, Kane JM, van Os J and Insel TR (2015). Schizophrenia. *Nature Reviews Disease Primers* 1:15067.
- Liu Y, Ouyang P, Zheng Y, Mi L, Zhao J, Ning Y and Guo W (2021). A Selective Review of the Excitatory-Inhibitory Imbalance in Schizophrenia: Underlying Biology, Genetics, Microcircuits, and Symptoms. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* 9:664535.
- Mueller FS, Scarborough J, Schalbetter SM, Richetto J, Kim E, Couch A, Yee Y, Lerch JP, Vernon AC, Weber-Stadlbauer U and Meyer U



© **Héctor Salazar**. Ta-1p-h2o. A3, 29.7 x 42 cm, metallic paper, precision pen, 2023.

(2021). Behavioral, neuroanatomical, and molecular correlates of resilience and susceptibility to maternal immune activation. *Molecular Psychiatry* 26(2):396-410.

Owen MJ, O'Donovan MC, Thapar A and Craddock N (2011). Neurodevelopmental hypothesis of schizophrenia. *The British Journal of Psychiatry* 198(3):173-175.

Singh T, Poterba T, Curtis D, Akil H, Al Eissa M, Barchas JD, Bass N, Bigdeli TB, Breen G, Bromet EJ, Buckley PF, Bunney WE, Bybjerg-Grauholm J, Byerley WF, Chapman SB, Chen WJ, Churchhouse

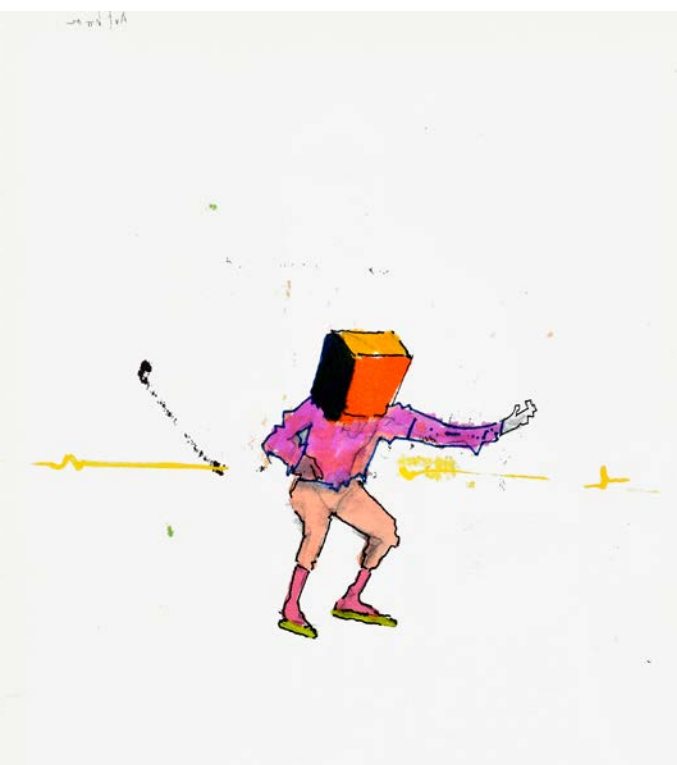
C, Craddock N, Cusick CM,... Daly MJ (2022). Rare coding variants in ten genes confer substantial risk for schizophrenia. *Nature* 604(7906):509-516.

Smith SEP, Li J, Garbett K, Mirnics K and Patterson PH (2007). Maternal immune activation alters fetal brain development through interleukin-6. *The Journal of Neuroscience* 27(40):10695-10702.

Ernesto Griego
Dominick P. Purpura Department of Neuroscience
Albert Einstein College of Medicine, New York
ernesto.griegomelo@einsteinmed.edu

Visiones sintéticas: resultados inesperados de estados alterados

Héctor Salazar



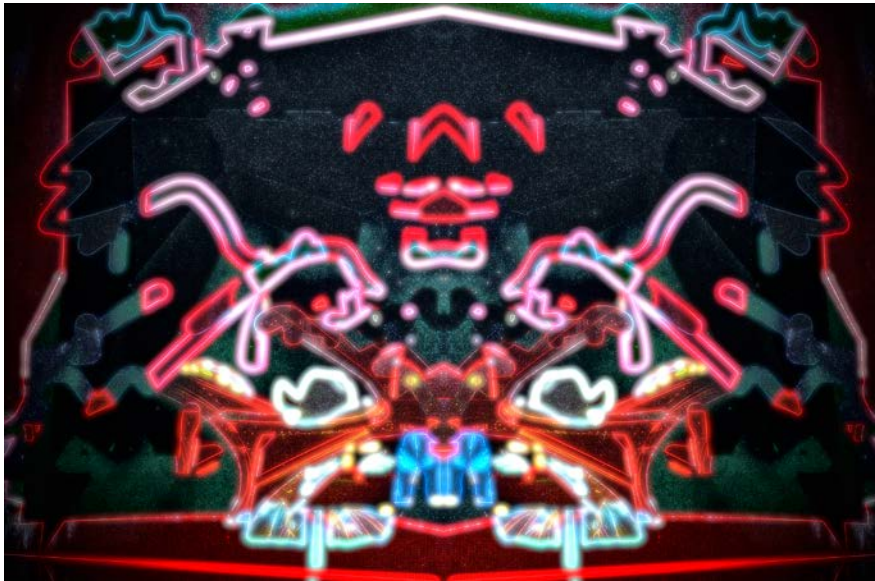
© Héctor Salazar. Cjnegra-todo. Markers, 2020.

Durante más de 15 años me dediqué al estudio de la estructura y función de los canales iónicos y los receptores que se encuentran en las neuronas. Mi objetivo era comprender las bases moleculares de los mecanismos que controlan nuestra percepción del entorno.

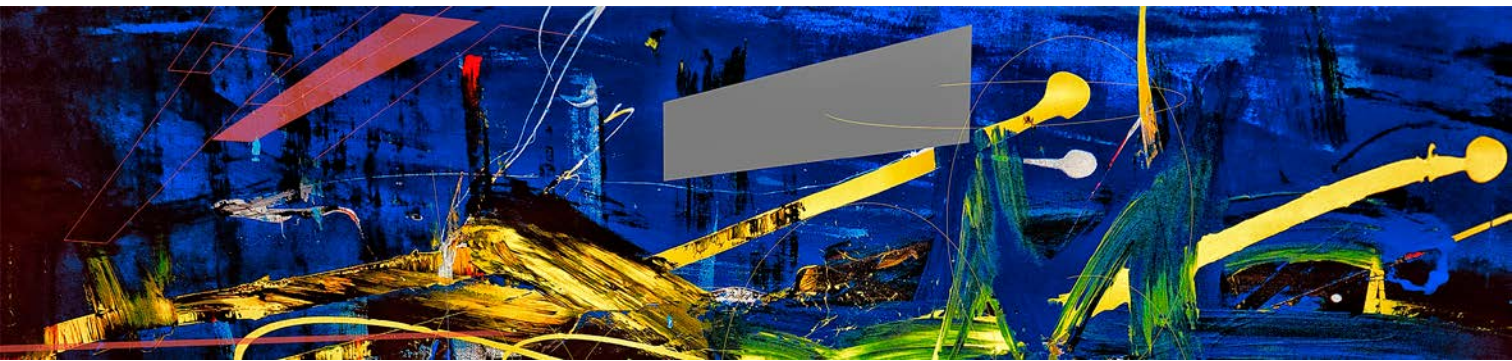
En 2018, comencé a trabajar como artista independiente y dirigí una tienda de moda sostenible llamada FFCS. Durante este tiempo, he tenido la oportunidad de crear una colección de obras de arte visual, piezas sonoras, joyería impresa en 3D y prendas de vestir que han sido exhibidas en mi tienda, así como en diferentes exposiciones, galerías, restaurantes y bares.

Mi trabajo artístico se centra en la exploración de conceptos científicos, artísticos, de diseño y filosóficos. Mi metodología consiste en incorporar literatura científica e imágenes artísticas, fusionando esta información con sonidos y música adaptados para cada pieza. Además, durante el proceso creativo empleé diversas sustancias, como, por ejemplo: estimulantes (MDMA), disociativos (ketamina) y psicodélicos (LSD) para potenciar mis experiencias cognitivas, asociativas y sinestésicas.

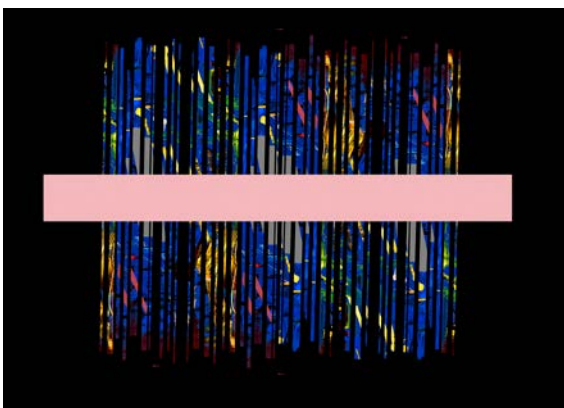
Los resultados de estos experimentos se manifiestan en piezas meticulosamente elaboradas en las que utilizo medios mixtos. Estas piezas representan una fusión de arte y ciencia, donde la energía vibrante de la escena de música electrónica se entrelaza con investigaciones de vanguardia realizadas en diversos campos científicos, que sirven como catalizadores inesperados para el proceso de creación.



© Héctor Salazar. Yc3. Mix media, digital, 2020.



© Héctor Salazar. Landscape. Digital, 2021.



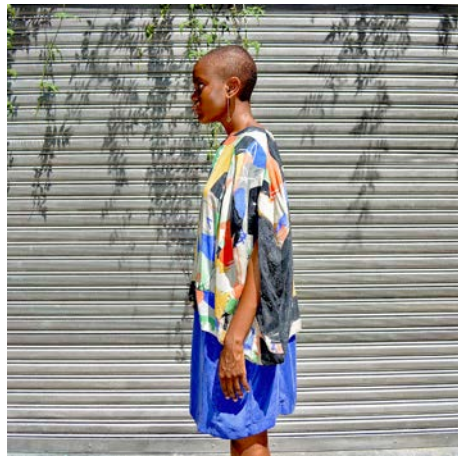
© Héctor Salazar. Blue 6. Digital, 2021.



© Héctor Salazar. Anne. Cupro, digital print, 2021.



© Héctor Salazar. Jane 2.
Cupro, digital print, 2021.



© Héctor Salazar. Lil. cupro, digital print, 2021.



© Héctor Salazar. Lina.
Cupro, digital print, 2021.

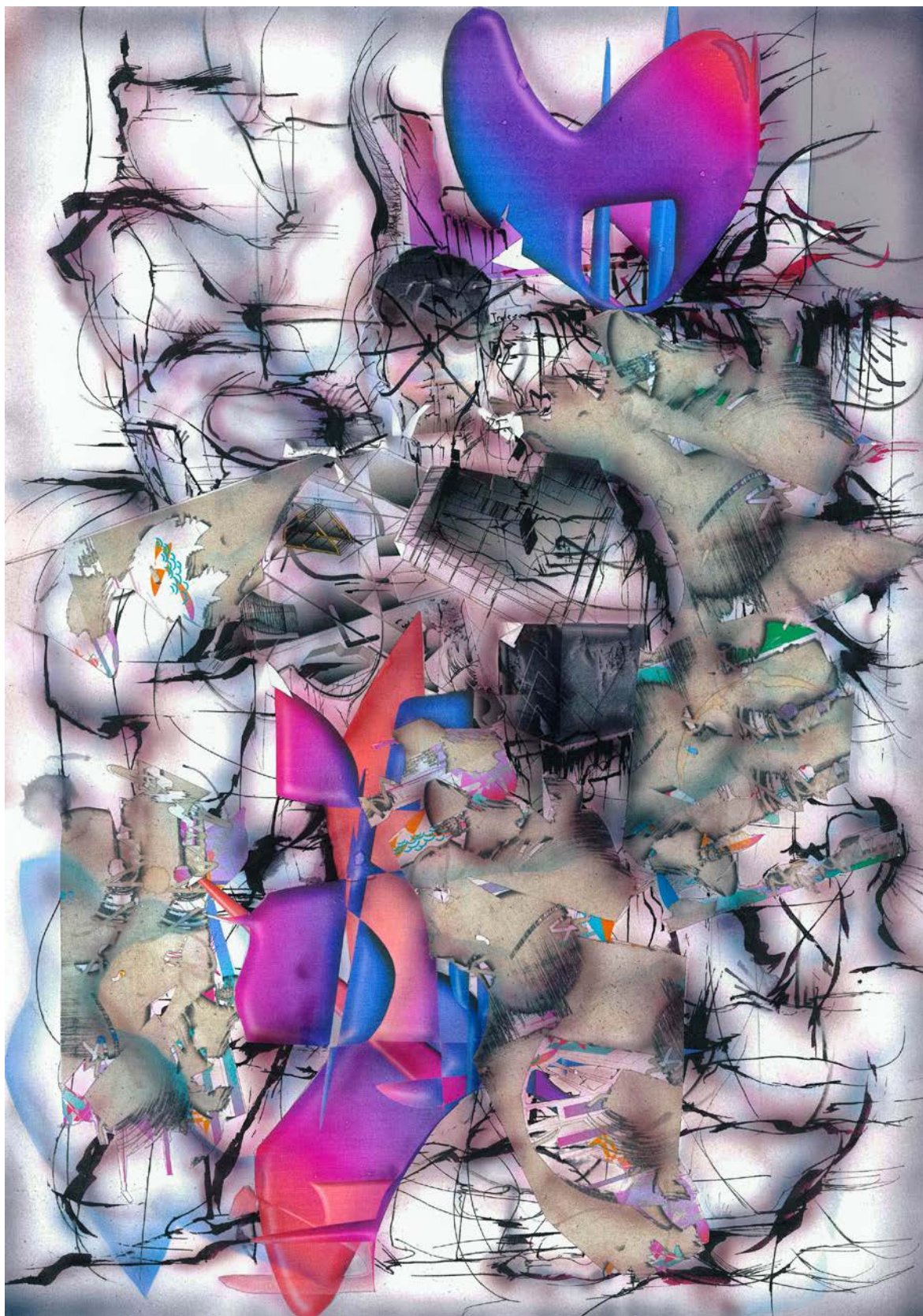


© Héctor Salazar. Input1-dmt-thc. 150 cm x 4 m, canvas, acrylic, 2021.

El resultado es una mezcla hipnotizante de formas dinámicas que capturan la esencia de la noche y la profundidad intelectual de la exploración científica. Para sumergir aún más a los espectadores en esta experiencia multisensorial, la obra de arte se complementa con la misma música que inspiró o fue utilizada para crear las piezas. Finalmente, estas piezas gráficas sirven como base para generar música, impresiones digitales para prendas de vestir y esculturas impresas en 3D que se asemejan a estructuras moleculares, las cuales, a su vez, pueden transformarse en joyería.

En los últimos cinco años, he colaborado con Bojana Drača, la diseñadora detrás de Farrah Floyd, una marca de moda ecofuturista comprometida con la sostenibilidad, el uso de materiales reciclados y el diseño emocional. Juntos creamos la tienda conceptual FFCS en Bruselas, un espacio único donde convergen el diseño, el arte y la ciencia. En este lugar, diversos grupos de personas tienen la oportunidad de conocer nuestras creaciones, interactuar con artistas que comparten nuestra filosofía y, a través de esta interacción, generar conversaciones que enriquecen su vida diaria. Fascinantemente, nuestras creaciones, tanto en ropa como en joyería, resuenan con el público interesado en arte, la cultura de club y personas de todas las edades en general. Hemos descubierto que podemos comunicar eficazmente conceptos científicos complejos a través del uso de técnicas artísticas. Esta comunicación abre conversaciones que de otro modo no ocurrirían. Nuestro objetivo final es, a través del arte, enriquecer las experiencias de las personas en su vida cotidiana.

Héctor Salazar
hector.peter@gmail.com



© Héctor Salazar. Evo-vestido. A3, 29.7 x 42 cm, paper, precision pen, 2023.

Inflamación crónica y cáncer de piel

María L. **Ramírez de los Santos**
Juan Manuel **Guzmán Flores**
Edgar Iván **López Pulido**

El cáncer de piel es una enfermedad en la que existen células anormales en los tejidos de la piel, crecen desorganizadamente y se multiplican sin control a una gran velocidad. La piel se encuentra compuesta por la epidermis, dermis e hipodermis, tres capas que cumplen con diferentes funciones y en cada una existen distintas células que pueden dar lugar a diferentes tipos de cáncer (American Cancer Society, 2019), los cuales se describen brevemente a continuación:

- Carcinoma de células basales o basocelular (CBC). Es un crecimiento celular anormal de bajo grado de malignidad, invasivo y raramente metastásico. Se origina en células de anexos cutáneos y en las células epiteliales basales pluripotenciales que pierden su capacidad de diferenciación y queratinización. Esta neoplasia se presenta con mayor frecuencia a los 40 años y en zonas como cara, cuello, orejas, cuero cabelludo, pecho y espalda, también se presenta en pies u otros miembros inferiores del cuerpo, pero con menor frecuencia (Ryu *et al.*, 2018).
- Carcinoma de células escamosas (CCE) o espinocelular. Es una neoplasia que se desarrolla en las células epidérmicas que retienen algunas de las características de la epidermis suprabasal normal. Es el segundo cáncer de piel más frecuente en población caucásica; además, tiene mayor probabilidad de generar metástasis que el CBC (Ryu *et al.*, 2018).

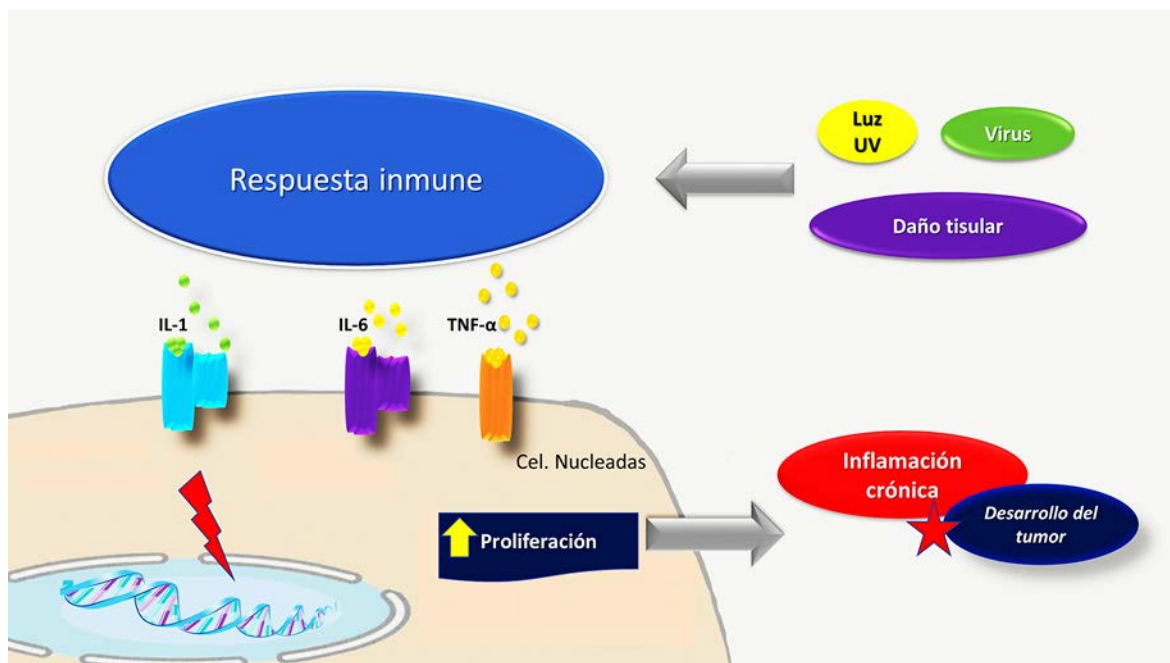


Figura 1. Mediadores de inflamación ante el daño tisular y su papel en el desarrollo de cáncer. La inflamación puede ser generada por lesión o infección, e induce la secreción de citocinas proinflamatorias. Estas pueden activar vías de señalización que promueven el estado inflamatorio crónico y el desarrollo de tumores.

- Melanoma cutáneo (MC). Se forma en los melanocitos, células de la piel que producen pigmento. Es un tumor relativamente poco frecuente, pero posee una alta capacidad de metástasis. La causa del tumor es desconocida, se sabe que la radiación solar ultravioleta juega algún papel en la génesis de la neoplasia (Ryu *et al.*, 2018).
- Otros. Son entidades relativamente raras; estos otros tipos de cáncer de piel son mucho menos comunes (menos del 1 %) y se tratan de maneras diferentes. Dentro de esta clasificación se engloban los carcinomas de células de Merkel, los sarcomas de Kaposi, los linfomas cutáneos y los tumores de los anexos de la piel (Ryu *et al.*, 2018).

PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS

La incidencia del cáncer de piel se ha incrementado en las últimas décadas a nivel mundial con registros anuales de 1,522,708 casos. A escala nacional se han registrado anualmente hasta 195,499 nuevos casos, mientras que la prevalencia del 2015 al 2020

es de 530,602 casos (Global Cancer Observatory, 2020). La piel está en constante e intensa interacción con el medio ambiente externo, aunque existen zonas más expuestas que otras como el cuello, la cara y los brazos. En estas zonas existe un riesgo mayor de que se presente cáncer de piel u otras enfermedades. Existen diversos factores que contribuyen al desarrollo y la evolución del cáncer de piel; estos pueden ser factores genéticos (raza blanca, historial de cáncer de piel), factores psicoambientales (radiación ultravioleta, depresión, factores de personalidad y exposición a ciertos químicos), factores microbiológicos (virus del papiloma humano) y factores inmunológicos (la inflamación y el sistema inmunológico debilitado) que sumados podrían producir el panorama ideal para que el cáncer de piel pueda llegar a presentarse (Ramírez-de los Santos *et al.*, 2021; American Cancer Society, 2019).

PAPEL DE LA RESPUESTA INFLAMATORIA EN CÁNCER DE PIEL

La inflamación es la respuesta del sistema inmunológico por medio del reclutamiento de células

del sistema inmunológico denominadas leucocitos y la acción de proteínas plasmáticas a través del torrente sanguíneo (su acumulación en los tejidos y su activación para destruir agentes extraños como virus y bacterias). Este sistema de defensa es importante ante el cáncer; sin embargo, un exceso en este mecanismo (inflamación crónica) puede conllevar al desarrollo maligno de células y a la carcinogénesis (Fujimura *et al.*, 2018). La correlación entre el cáncer y la inflamación ha sido reconocida durante décadas, pero solo en los últimos años la evidencia comenzó a sugerir que la inflamación es un requisito previo y no una consecuencia.

Se ha demostrado que el sistema inmunológico juega un papel importante en el desarrollo del cáncer de piel, teniendo en cuenta que existe una alta prevalencia en pacientes inmunodeprimidos con una exposición prolongada a radiación UV. La radiación UV induce la inmunosupresión de la piel a través de diversos mecanismos, al estimular la producción de varias citocinas y afectar genes que regulan proteínas, como p53, que influyen en el ciclo celular. Lo anterior genera un círculo de retroalimentación que permite aumentar el daño tisular y conduce al desarrollo de la inflamación crónica (Martens *et al.*, 2018).

Aunque los rayos UV pueden inducir mutaciones cancerígenas en el ADN, se cree que el daño está mediado principalmente por la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS). Además, las células inflamatorias también son una fuente importante de factores de crecimiento y citocinas como la interleucina-1 (IL-1), la interleucina-6 (IL-6) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) que son necesarios para el reclutamiento, activación y proliferación celular (Bauer *et al.*, 2018).

Los niveles elevados de estas sustancias, que persisten en los sitios de inflamación, dan como resultado el desarrollo del cáncer (Mantovani *et al.*, 2018; Montfort *et al.*, 2019). Los mecanismos incluyen alteraciones en la expresión génica, mayor proliferación y vida media de las células, formación de nuevos vasos sanguíneos, invasión tisular y metástasis (Pilkington *et al.*, 2018; Ghahartars *et al.*, 2021).

INHIBIDORES DE LA INFLAMACIÓN PARA LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DEL CÁNCER DE PIEL

La evidencia derivada de modelos animales sugiere que la inhibición de la ciclooxigenasa 2 (COX-2), una enzima que juega un papel esencial en el proceso de inflamación, ayuda a prevenir el cáncer de piel. Medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) son, por ejemplo, el celecoxib, el diclofenaco, la indometacina, el sulindac, la aspirina y el ibuprofeno. Además, productos vegetales naturales que incluyen a los polifenoles dietéticos presentes en frutas, verduras, legumbres secas y ciertas bebidas (como té, café, jugo, vino, cerveza) han ganado considerable atención para la prevención del daño cutáneo inducido por los rayos UV, incluido el riesgo de cáncer de piel (Maru *et al.*, 2014).

CONCLUSIÓN

Los mecanismos moleculares activados en el proceso de inflamación tienen la capacidad de generar una respuesta antitumoral, aunque ello dependerá del microambiente, debido a que el estado inflamatorio crónico puede desencadenar efectos que favorecen el desarrollo del tumor (Figura 1).

El análisis de la respuesta inflamatoria en pacientes con cáncer representa un aspecto importante a considerar en la búsqueda de nuevas estrategias terapéuticas y en la ampliación del conocimiento de la función que desempeñan las citocinas en la fisiopatología del cáncer de piel.

R E F E R E N C I A S

- American Cancer Society (2019). About Basal and Squamous Cell Skin Cancer (pp. 1-6). Recuperado de: <https://www.cancer.org/content/dam/CRC/PDF/Public/8818.00.pdf>.
- Bauer C, Abdul Pari AA, Umansky V, Utikal J, Boukamp P, Augustin HG and Felcht M (2018). T-lymphocyte profiles differ between keratoacanthomas and invasive squamous cell carcinomas of the human skin. *Cancer Immunology, Immunotherapy* 67(7):1147-1157.
- Fujimura T, Kambayashi Y, Fujisawa Y, Hidaka T and Aiba S (2018). Tumor-associated macrophages: therapeutic targets for skin cancer. *Frontiers in Oncology* 8, 3.



© Héctor Salazar. SK2-4. A4, markers, 2021.

Ghahartars M, Abtahi S, Zeinali Z, Fattahi MJ and Ghaderi A (2021). Investigation of $\text{tnf-}\alpha$ and il-6 levels in the sera of non-melanoma skin cancer patients. *Iran Biomed J* 25(2):88-92.

Mantovani A, Barajon I and Garlanda C (2018). IL-1 and IL-1 Regulatory Pathways in Cancer Progression and Therapy. *Immunol Rev* 281(1):57-61.

Martens MC, Seebode C, Ehmann J and Emmert S (2018). Photocarcinogenesis and skin cancer prevention strategies: an update. *Anticancer Research* 38(2):1153-1158.

Maru GB, Gandhi K, Ramchandani A and Kumar G (2014). The role of inflammation in skin cancer. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 816:437-469.

Montfort A, Colacios C, Levade T, Andrieu-Abadie N, Meyer N and Ségui B (2019). The TNF paradox in cancer progression and immunotherapy. *Frontiers in Immunology* 10:1818.

Pilkington SM, Ogden S, Eaton LH, Dearman RJ, Kimber I and Griffiths CE (2018). Lower levels of interleukin- 1β gene expression are associated with impaired Langerhans' cell migration in aged human skin. *Immunology* 153:60-70.

Ramírez-de los Santos ML, López-Navarro A, Ramírez-de Los Santos S, Guzmán-Flores JM, Pereira-Suárez AL and López-Pulido EI

(2021). Relation between personality dimensions and symptomatology of depression in skin cancer patients. *Biopsychosoc* 15(1):18.

Ryu TH, Kye H, Choi JE, Ahn HH, Kye YC and Seo SH (2018). Features causing confusion between basal cell carcinoma and squamous cell carcinoma in clinical diagnosis. *Ann Dermatol* 30(1):64-70.

The Global Cancer Observatory (2020). Non-melanoma skin cancer. Int Agency Res Cancer- WHO. Recuperado de: <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/cancers/17-Non-melanoma-skin-cancer-fact-sheet.pdf>.

The Global Cancer Observatory (2020). Melanoma of skin. Int Agency Res Cancer- WHO. Recuperado de: http://globocan.iarc.fr/old/bar_sex_site.asp?selection=16120&title=Melanoma+of+skin&statistic=2&populations=6&window=1&grid=1&color1=5&color1e=&color2=4&color2e=&submit=Execute.

The Global Cancer Observatory (2020). Mexico. Int Agency Res Cancer WHO. Recuperado de: <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/484-mexico-fact-sheets.pdf>.

María L. Ramírez de los Santos
Juan Manuel Guzmán Flores
Edgar Iván López Pulido
Centro Universitario de Los Altos
Universidad de Guadalajara
edgar.lopez@cualtos.udg.mx

¿Un resfriado común nos puede hacer obesos?

Estefanía Armendáriz Hinojosa
Moisés León Juárez

La obesidad es un problema de salud pública que se ha diseminado rápidamente en el mundo y afecta a diversos grupos sin importar la edad, sexo o condición social. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación excesiva de grasa en el tejido adiposo.

Una de las características de la obesidad es el aumento del tejido adiposo resultado de la acumulación de grandes cantidades de ácidos grasos por un desbalance entre el consumo y el gasto energético; esto desencadena procesos de estrés de los tejidos, como, por ejemplo, una mayor inflamación relacionada con una mayor producción de moléculas inmunológicas como citocinas (entre ellas podemos mencionar las adipocinas que participan en el metabolismo lipídico y de la glucosa, como la adiponectina, la resistina y el factor de necrosis tumoral alfa con función proinflamatoria) y una mayor presencia de células de la respuesta inmune en el tejido adiposo.

A este estado se le llama inflamación sistémica crónica y lleva a un daño prolongado que perpetúa alteraciones metabólicas que favorecen la aparición de enfermedades como dislipidemias, diabetes mellitus tipo 2 e hipertensión arterial sistémica.

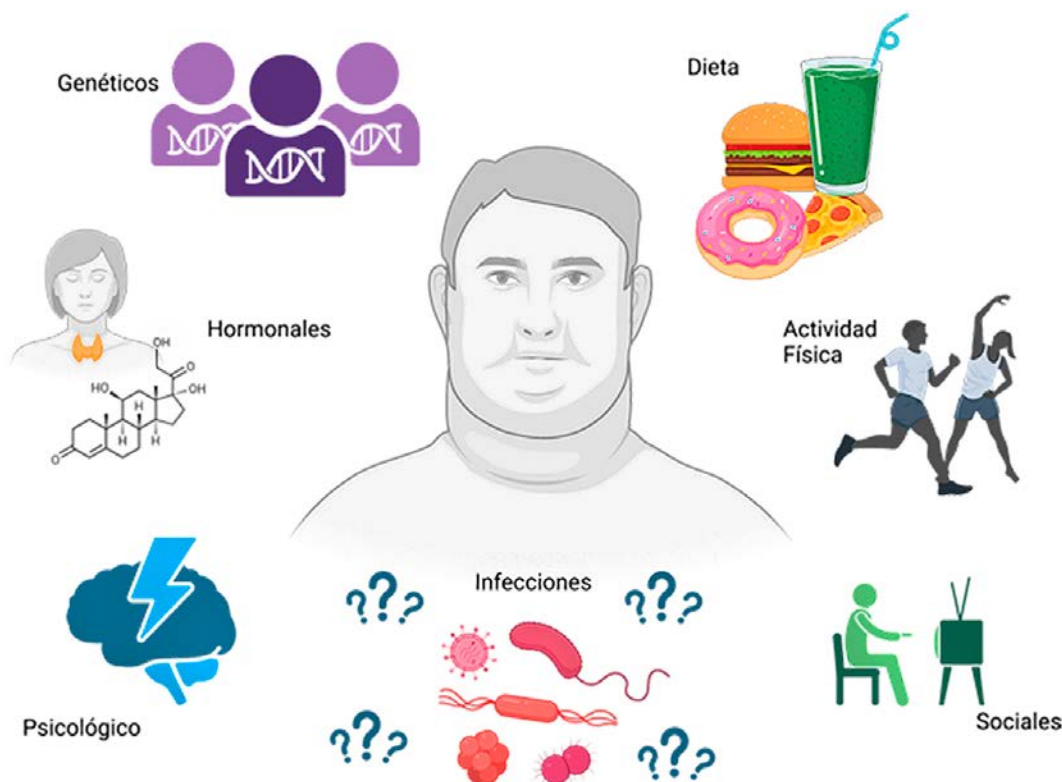


Figura 1. Factores asociados al proceso de obesidad. La obesidad es un proceso multifactorial en que factores genéticos (como ciertas mutaciones que presentan algunos individuos) pueden predisponer a esta condición; existen, además, factores hormonales y dietéticos, la falta de actividad física, factores psicológicos y sociales. Existe también la posibilidad adicional de que ciertas infecciones sean detonantes para el desarrollo de obesidad.

¿QUÉ ES EL TEJIDO ADIPOSO?

El tejido adiposo se organiza en depósitos en todo el cuerpo y se encuentra principalmente en forma de tejido blanco y pardo. Ambos, tanto el tejido adiposo blanco como el pardo, son relevantes en el balance de la energía; el pardo contribuye al gasto energético a través de la termogénesis (capacidad del organismo de generar calor interno utilizando la energía consumida durante el metabolismo), en tanto que el tejido adiposo blanco, que es la forma más abundante, hoy se sabe que tiene la capacidad de secretar hormonas, entre otras sustancias.

El tejido adiposo está constituido por células ricas en lípidos llamadas adipocitos. Aunque los adipocitos representan la mayor parte del tejido adiposo, solo constituyen el 50 % del contenido celular. En menor proporción, en el tejido adiposo existen

otros tipos de células, incluidas las células endoteliales, los fibroblastos y las células inmunitarias. Los macrófagos y los linfocitos T son las principales células inmunes presentes en el tejido adiposo.

EL ADENOVIRUS 36

Los adenovirus se transmiten por secreciones respiratorias, así como por vía fecal oral, sexual y fómites. Fueron descubiertos en 1953 cuando se buscaba al agente responsable del resfriado común y se encontraron en las adenoides (tejido linfóide situado en la parte posterior de la nariz y por encima del paladar; de ahí proviene su nombre). Existen algunos serotipos específicos, como el 1, el 2 y el 5, que son conocidos principalmente por causar cuadros de enfermedades respiratorias graves en los primeros años de vida; los serotipos 3, 7 y 21 son responsables de hasta 20 % de las neumonías en la infancia. En la edad adulta ya

contamos con anticuerpos que nos protegen contra estos serotipos, pero existen otros causantes de enfermedad; por ejemplo, los serotipos 40 y 41 que provocan enfermedades gastrointestinales como cuadros agudos de diarrea, gastroenteritis, etcétera. Al serotipo de adenovirus 36, igual que a los serotipos 8, 19 y 37 se les ha asociado con cuadros de queratoconjuntivitis epidémica (Villavicencio y Valladares, 2017).

El serotipo 36 de adenovirus es el que se ha identificado como responsable de causar obesidad, hecho descubierto por estudios en aves de corral (Dhurandhar *et al.*, 1990). En la actualidad ya se ha demostrado su asociación con la obesidad en humanos. El descubrimiento de este fenómeno primero se hizo en animales de experimentación que, al ser infectados, incrementaban su grasa corporal. En los primeros experimentos, la transfusión de una pequeña cantidad de sangre de un pollo infectado con adenovirus 36 provocó la infección a otro y ambos incrementaron su peso. El siguiente paso fue experimentar con animales similares a nuestra especie; para ello se utilizaron monos tití y se inoculó el virus en su nariz. Al final del experimento, se observó una acumulación excesiva en los depósitos de grasa visceral y un aumento considerable de peso. Por razones éticas no es posible infectar a humanos con la intención de hacerlos obesos, especialmente porque no existe una cura para revertir el daño causado, así que, para demostrar este fenómeno en

humanos, en las últimas décadas se han examinado múltiples grupos de personas obesas y delgadas. En un primer estudio (Dhurandhar *et al.*, 1992), se tomaron muestras sanguíneas para buscar anticuerpos contra adenovirus 36 en obesos y personas con peso normal. El resultado fue que 30 % de las personas obesas tenían anticuerpos contra adenovirus 36, mientras que solo entre 5 y 10 % de las personas no obesas resultaron seropositivas (Dhurandhar, 2001; Durandhar *et al.*, 1992). Los investigadores concluyeron que este virus es capaz de introducirse y diferenciarse al preadipocito y lo induce a convertirse en un adipocito maduro capaz de almacenar grandes cantidades de grasa; además, se demostró que los animales infectados con adenovirus 36 tenían niveles más bajos de triglicéridos séricos, colesterol sérico, mejor captación de glucosa y una mayor susceptibilidad a la insulina (Atkinson *et al.*, 2005).

ENTONCES, ¿LA OBESIDAD ES CONTAGIOSA?

En el año 2001, el doctor Nikhil V. Dhurandhar acuñó el término “obesidad infecciosa” en el centro de investigación biomédica de Pennington.

Existen otros microorganismos, además del adenovirus 36, capaces de infectar los componentes del tejido adiposo y no somos conscientes de ello; en los últimos años se ha descrito cómo diferentes patógenos pueden infectar y alterar el metabolismo de los lípidos en la célula y se utiliza el término “infectoobesidad” para describir este fenómeno. Entre los patógenos capaces de infectar a los adipocitos se encuentran *Mycobacterium tuberculosis*, *Chlamydia* ssp, *Trypanosoma cruzi*, *Toxoplasma gondii*, Virus de Inmunodeficiencia Humana, entre otros. Todos estos microorganismos son de interés en el área de la salud por las enfermedades que causan.

La infectoobesidad es un concepto que indica que la obesidad no solo es una enfermedad metabólica con una etiología multifactorial (debido a factores genético-hereditarios, malos hábitos alimenticios por alto consumo calórico, inactividad física, factores psicológicos como patrones de conducta

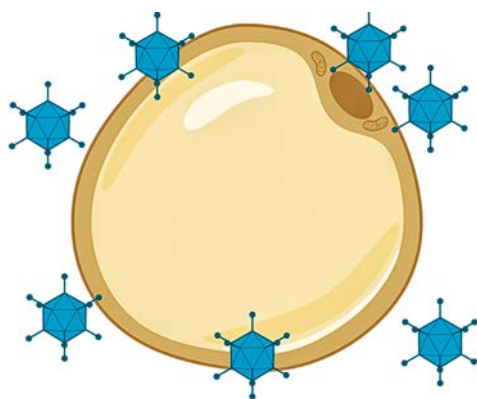


Figura 2. Adipocito susceptible a la infección con adenovirus 36. El adipocito es el principal componente del tejido graso; se ha establecido que el adenovirus 36 puede infectar esta célula y promover que esta tenga un mejor metabolismo y una mayor cantidad de células grasas.



© Héctor Salazar. SK2-10. A4, markers, 2021.

impulsivos, alteraciones hormonales, por mencionar algunos ejemplos), y que contraer una infección por adenovirus 36 solo es un factor adicional para el desarrollo de la obesidad. La idea de adquirir la infección cuando alguien estornuda cerca de nosotros en la vía pública y, por consecuencia, contraer la obesidad es sorprendente. Desafortunadamente, aún no existen medicamentos o vacunas desarrolladas para combatir esta enfermedad, por lo que la única opción disponible es fortalecer nuestro sistema inmunológico, además de modificar nuestro estilo de vida.

REFERENCIAS

Atkinson RL, Dhurandhar NV *et al.* (2005). Human adenovirus 36 is associated with increased body weight and paradoxical reduction of serum lipids. *International Journal of Obesity* 29:281-286.

Dhurandhar NV (2001). Infectobesity: Obesity of infectious origin. *The Journal of Nutrition* 131:1-2.

Durandhar NV, Kulkarni P *et al.* (1992). Effect of adenovirus infection on adiposity in chicken. *Veterinary Microbiology* 31:101-107.

Dhurandhar NV, Pushpa RK *et al.* (1997). Association of adenovirus infection with human obesity. *Obesity Research* 5:465-9.

Kaufer-Horwitz M y Perez-Hernandez JF (2021). La obesidad: aspectos fisiopatológicos y clínicos. *Inter Disciplina* 10:1-22.

López-Ortega O, Moreno-Corona NC *et al.* (2022). The Immune Response in Adipocytes and Their Susceptibility to Infection: A Possible Relationship with Infectobesity. *International Journal of Molecular Sciences* 1:1-16.

Villavicencio F y Valladares M (2017). Adenovirus 36 y su potencial contribución en el desarrollo de obesidad. *Rev Med Chile* 145:1-5.

Estefanía Armendáriz Hinojosa

Moisés León Juárez

Instituto Nacional de Perinatología

moisesleoninper@gmail.com

El lado oscuro del efecto placebo

Arnaldo **González Arias**
Francisco A. **Horta Rangel**

Diversos ensayos clínicos recientes muestran que la administración de un placebo puede conducir a resultados adversos (efecto nocebo) en lugar de los benéficos deseados.

El efecto placebo consiste en la mejoría de los síntomas tras una intervención médica físicamente inerte –o no específica– para la condición que se desea tratar (Morton, 2014). El compuesto administrado (el placebo) puede ser alguna sustancia sin efectos terapéuticos como azúcar, talco, agua mentolada o solución salina (placebo puro), pero además puede ser un placebo impuro, tal como una vitamina no necesaria, dosis no terapéuticas de alguna sustancia psicotrópica o algún fármaco no específico para la enfermedad en cuestión (por ejemplo, suministrar un antibacterial para tratar una infección viral). También se utilizan con este fin algunas terapias no demostradas, tanto por parte del personal sanitario como por intrusos;¹ ejemplos son la aplicación de imanes en diversas partes del cuerpo y las supuestas “terapias energéticas” (González Arias, 2003 y 2014).

El efecto placebo se ve favorecido por el contacto manual y una comunicación verbal cercana entre quien aplica los cuidados y quien los recibe. Sus resultados son especialmente intensos en el alivio de síntomas subjetivos tales como el dolor, la fatiga y la depresión. Muchos médicos utilizan este efecto de forma consciente para beneficio de los pacientes, aunque se ha señalado que este procedimiento también proporciona una vía ancha para “sanadores” inescrupulosos de todo tipo (Morton, 2014).



© Héctor Salazar. SK2-13. A4, markers, 2021.

Aunque por regla general el efecto placebo se presenta únicamente en un porcentaje reducido de pacientes, mucho personal relacionado con la atención a la salud lo usa regularmente en la creencia de que solo puede ser provechoso o nulo para el paciente, pero nunca dañino. Sin embargo, un reciente artículo de revisión con 134 referencias señala la presencia significativa del “efecto nocebo” en estos casos, es decir, la aparición de eventos adversos que se presentan en los pacientes cuando se suministra un placebo. Los síntomas más comunes son náuseas, sequedad en la boca, somnolencia, ansiedad, nerviosismo, dolor de cabeza, falta de aire, mareo, sonrojos, flatulencia, disminución de la presión arterial y sensación de pesantez (Pardo-Cabello *et al.*, 2022).

La intensidad del efecto nocebo es variable y desaparece sin secuelas cuando se retira el placebo. El artículo de revisión concluye que tanto el efecto placebo como el nocebo no son imaginarios, sino que tienen bases neurofisiológicas bien definidas.

También considera que ambos efectos siempre deben ser tomados en cuenta, así como que la información al respecto se debiera incluir de forma regular en los cursos de medicina y enfermería.

Algunos autores reportan diversos factores personales asociados a la ocurrencia del efecto nocebo; estos incluyen una personalidad pesimista y la información previa al paciente de posibles reacciones adversas, tanto en los prospectos de los medicamentos como mediante los medios de difusión. Otros estudios concluyen que las mujeres son más propensas al nocebo que los hombres (Wartolowska, 2019).

Diversos ensayos clínicos han encontrado de forma regular una incidencia negativa del placebo en el grupo de control de entre 10 y 20 % de los pacientes que lo reciben, aunque hay casos en que la incidencia sale fuera de esos límites. En ocasiones también se ha encontrado que los efectos colaterales atribuibles a diversos medicamentos pueden ser debidos al efecto nocebo y no al medicamento en sí; los más recientes incluyen a las vacunas anticovid (Haas *et al.*, 2022a y 2022b). Por esta razón se ha señalado



© Héctor Salazar. Flavia 1. A4, paper, markers, 2021.

que el efecto nocebo puede afectar los resultados de los ensayos clínicos, tanto en el grupo de control como en el grupo de ensayo, algo que usualmente no se toma en cuenta (Planès *et al.*, 2016). Existen propuestas de estudios estadísticos cruzados para facilitar la interpretación de los resultados en los ensayos en que intervienen placebos (Raman, 2020).

NOTAS

¹ Intrusismo es el ejercicio de actividades profesionales por persona no autorizada para ello. Puede constituir delito (DRAE).

REFERENCIAS

González Arias A (2003). Magnetismo y pseudociencia en la medicina. *Rev Cub Fis* 20(1).

González Arias A (2014). Apuntes para una historia sobre la medicina alternativa en Cuba: III. Terapias bioenergéticas. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* 4(1).

Haas JW, Bender FL, Ballou S, Kelley JM, Wilhelm M, Miller FG, Rief W and Kaptchuk TJ (2022b). Frequency of adverse events in the placebo arms of COVID-19 vaccine trials: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open* 5(1):e2143955. Recuperado de <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.43955>. Erratum in: *JAMA Netw Open* 2022,5(2):e221277.

Haas JW, Ongaro G, Jacobson E, Conboy LA, Nee J, Iturrino J, Rangan V, Lembo A, Kaptchuk TJ and Ballou S (2022a). Patients' experiences treated with open-label placebo versus double-blind placebo: a mixed methods qualitative study. *BMC Psychol* 10:20. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/s40359-022-00731-w>.

Morton ET (2014). The Placebo Effect: the Good, the Bad, and the Ugly. *Journal of Medicine* 127(6):484-488. doi:10.1016/j.amjmed.2014.02.002.

PardoCabello AJ, ManzanoGamero V and PucheCañas E (2022). Placebo: a brief updated review. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* 395:1343-1356.

Planès S, Villier C and Mallaret M (2016). The nocebo effect of drugs. *Pharmacol Res Perspect* 4:e00208. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/prp2.208>.

Raman R (2020). Statistical methods in handling placebo effect. *Int Rev Neurobiol* 153:103-120. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/bs.irm>.

Wartolowska K (2019). The nocebo effect as a source of bias in the assessment of treatment effects. *F1000Res* 8:5. Recuperado de <https://doi.org/10.12688/f1000research.17611.2>.

Arnaldo González Arias
Universidad de La Habana
agonzalezarias@gmail.com

Francisco A. Horta Rangel
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Universidad de Guanajuato



Los microorganismos benéficos en la obesidad

Melissa Pamela **Lozano Staines**
Florinda **Jiménez Vega**

La obesidad es un tema ampliamente abordado en esta época; en 2016, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó que la prevalencia de obesidad del adulto en el mundo era del 13 %, lo cual corresponde a 1.9 mil millones de personas.

Poco después, en el 2018, en México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino (ENSANUT) reportó una prevalencia en mexicanos adultos del 33.3 %.

Así mismo, un estudio llevado a cabo por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) describe que, en América Latina, el 58 % de la población vive con obesidad; específicamente, en Chile y las Bahamas, se ha registrado una incidencia del 63 % y 69 % respectivamente, siendo estos países los que presentan las tasas más elevadas de este padecimiento.

Por su parte, en Norteamérica se describe una prevalencia combinada de obesidad y sobrepeso del 69.2 %. Con el desarrollo de la economía y la mejoría en los estándares de calidad de vida, la incidencia de obesidad ha alcanzado estas cifras alarmantes y ha causado daños a la salud humana.

En este artículo conoceremos qué es la obesidad y los beneficios de la adición de probióticos y prebióticos en la dieta diaria, así como su impacto en el estado de salud cuando su consumo se asocia a una alimentación balanceada y ejercicio.

¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE LA OBESIDAD?

La OMS la define como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser dañina para la salud y se caracteriza por el aumento de peso. Consideramos que existe tal condición cuando una mujer presenta un porcentaje total de masa grasa mayor al 33 % o en el hombre de 25 %. Sin embargo, se ha descrito como una enfermedad que afecta a varios órganos modificando el funcionamiento del cuerpo y los procesos físicos y químicos que ocurren en las células. Específicamente, este padecimiento se ha relacionado con el incremento del riesgo de padecer enfermedades como diabetes, hipertensión, colesterol y triglicéridos altos, problemas del corazón, hígado graso y desarrollo de algunos tipos de cáncer, así como alteraciones emocionales (ansiedad, depresión) y problemas de sueño (Alguacil-Olmedo *et al.*, 2020). Toda esta información, aunada a las cifras antes mencionadas sobre este padecimiento, nos deja en claro la presencia de un problema de salud pública.

De manera simple, la obesidad puede ser explicada por un balance energético positivo, es decir, que existe un consumo mayor de calorías (provenientes de los alimentos) con respecto al que el cuerpo requiere para sus funciones diarias, lo cual desencadena un acumulamiento de estas en forma de grasas.

Los alimentos ultraprocesados son generalmente ricos en grasas, azúcares y sal, lo que los convierte en productos altamente agradables al paladar; si a esto le sumamos que son accesibles por su bajo precio, los podemos llegar a describir como uno de los principales causantes de la alta prevalencia de obesidad a nivel mundial. No obstante, conforme más se estudia y se trata de comprender este padecimiento, se observa que es sumamente complicado, ya que están involucrados diversos factores como el estilo de vida, la alimentación y factores genéticos, hormonales, metabólicos, inmunológicos, ambientales, sociales y culturales (Castro *et al.*, 2017).

¿QUÉ ES EL TEJIDO ADIPOSO?

La acumulación de grasa es, además, la causante de otras enfermedades características asociadas a la obesidad. El tejido adiposo (nombre correcto de la grasa) es el encargado de almacenar los excesos, pero en condiciones fisiológicas es útil para brindar protección, calor, energía, y es un importante órgano que produce hormonas y que interviene en la defensa y equilibrio (homeostasis) del organismo. Como se mencionó, la obesidad inicia cuando aumenta el tejido adiposo; si con el paso del tiempo esto continúa, empieza una enfermedad con cambios físicos, biológicos y funcionales como el aumento del almacenamiento de grasas y el incremento de los depósitos de las mismas en tejidos como hígado, músculo, páncreas, corazón, venas y arterias. Esto evoluciona hacia la fibrosis en los tejidos, lo que provoca un funcionamiento inadecuado con profundas alteraciones de la relación fisiológica entre el tejido adiposo y el resto del sistema biológico (Ciangura *et al.*, 2017).

Estas modificaciones en la función y en la cantidad del tejido adiposo no constituyen una situación normal e irrumpen en el equilibrio del organismo conduciendo a un proceso inflamatorio, que es un mecanismo de protección para el cuerpo caracterizado por signos típicos como calor y coloración roja de la zona inflamada. En casos especiales se puede presentar inflamación crónica de bajo grado que comparte los mismos efectos que se generan por los intermediarios de la inflamación típica y sus vías de señalización (Castro *et al.*, 2017). Varios estudios han sugerido que la inflamación crónica de bajo grado ocurre en el tejido adiposo y puede jugar un papel esencial en el desarrollo de la disfunción metabólica del cuerpo asociada a la obesidad.

La inflamación crónica del tejido adiposo es considerada dañina y se caracteriza por la elevación en sangre de los niveles de citocinas inflamatorias (pequeñas moléculas que tienen como función ser las mensajeras de las diferentes células de defensa) como respuesta de defensa; así mismo, ocurre un aumento de macrófagos (células encargadas de “eliminar” cuerpos extraños como virus, bacterias,

etc.) en tejidos vecinos al adiposo (músculos, venas, arterias, hígado, entre otros). Es importante mencionar que los macrófagos generalmente se encuentran dentro de estos tejidos, pero la inflamación crónica hace que tengamos una cantidad mayor a la necesaria. Este periodo de alteración de la inmunidad conduce a que las células generen más señales de comunicación, las cuales liberarían factores inflamatorios que a su vez reclutan más y más macrófagos. Esta situación no produce lesiones graves en los tejidos infiltrados con macrófagos; sin embargo, la función se ve lo suficientemente alterada como para causar enfermedades; esta es la característica principal de la inflamación crónica de bajo grado y el por qué la obesidad puede estar asociada al desarrollo de otras enfermedades crónico-degenerativas (Hernández, 2018).

¿CÓMO PUEDO CUIDARME DE LA OBESIDAD?

EL PAPEL DE LA MICROBIOTA

La mejor manera de evitar un proceso de obesidad es la disminución del acumulación de grasas en el tejido adiposo, pero tener apoyo de otras variables puede ayudar a disminuir los efectos que la inflamación causa al cuerpo, o bien acelerar un proceso de desinflamación. El ejercicio es un buen aliado, así como el consumo de antioxidantes que se encuentran en frutas y verduras. Recientemente, la modificación de la microbiota intestinal ha tomado importancia como apoyo para disminuir el proceso de obesidad y otras enfermedades (Crovesy *et al.*, 2020).

El término microbiota intestinal hace referencia a la comunidad de microorganismos vivos (bacterias, hongos, virus y células eucariotas) que se encuentran de manera permanente en los intestinos. Esta comunidad microscópica no es despreciable: si juntamos toda nuestra microbiota intestinal, esta tendría un peso de alrededor de 1.5 kg (Stephens *et al.*, 2018).

El papel de la microbiota intestinal se centra en procesos metabólicos a nivel intestinal: 1) Ayuda en la fermentación de componentes alimenticios que no se pueden digerir, como por ejemplo, la fibra; 2) Participa en los procesos de nutrición y uso de energía a través de la producción de vitaminas K, B12 y ácido fólico, así como en la absorción de electrolitos

y minerales; 3) Influye en la homeostasis de los intestinos; 4) Desarrolla el sistema inmune protegiendo contra agentes tóxicos y medicamentos; 5) Produce ácidos grasos de cadena corta, aportando energía a los intestinos para que estos lleven a cabo sus funciones adecuadamente (Fontané *et al.*, 2018).

Las variaciones que se presentan en la microbiota intestinal, asociadas tanto al tipo de bacterias como a la cantidad de las mismas, tienen un papel muy importante en el desarrollo de enfermedades, especialmente de obesidad. Tanto la alimentación como el proceso inflamatorio de la obesidad pueden llegar a afectar a los microorganismos presentes. En estudios experimentales, la transferencia de bacterias dentro del intestino de ratones libres de estas ha demostrado un aumento de peso, y el efecto es mayor si el donante de bacterias presenta obesidad dada por la retención calórica y la absorción de nutrientes mediada por los ácidos grasos de cadena corta (Orrego y Orrego, 2018).

LA MODIFICACIÓN DE LA MICROBIOTA

Al concientizar la información anterior, podemos preguntarnos si nuestra alimentación ha sido la mejor. Cuidar la microbiota evita la inflamación crónica de bajo grado y la tendencia a la obesidad. Para lograrlo debemos incorporar probióticos y prebióticos a la dieta.

La OMS ha definido el término probióticos como microorganismos vivos que cuando son administrados en una cantidad adecuada ejercen un efecto beneficioso sobre la salud del huésped. Existen muchos tipos de bacterias que pueden considerarse probióticos, pero los más comúnmente utilizados son aquellos llamados *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* (como el *Lactobacillus casei Shirota*, encontrado en los populares Yakult®). Para producir sus efectos beneficiosos, los probióticos deben llegar vivos y en una cantidad suficiente como para afectar a su microecología y metabolismo. Entre sus beneficios se incluye la correcta digestión de los alimentos y el hecho de que compiten por los alimentos con los microorganismos infecciosos; así mismo,

alteran el pH de los intestinos para crear un ambiente en donde estos microorganismos infecciosos no puedan crecer, producen sustancias que eliminan o inhiben a los patógenos y estimulan la producción de moco, el cual es importante para lubricar el intestino y protegerle (Rappaccioli-Salinas *et al.*, 2021).

Además de estos beneficios de promoción de la salud digestiva, los probióticos tienen un efecto positivo en la prevención de reacciones alérgicas y en la actividad antiinflamatoria y contribuyen a la regulación de la respuesta inmune del huésped ya que logran suprimir la inflamación crónica mediada por la interacción entre las bacterias probióticas y las células del intestino, donde se producen los macrófagos, antes mencionados.

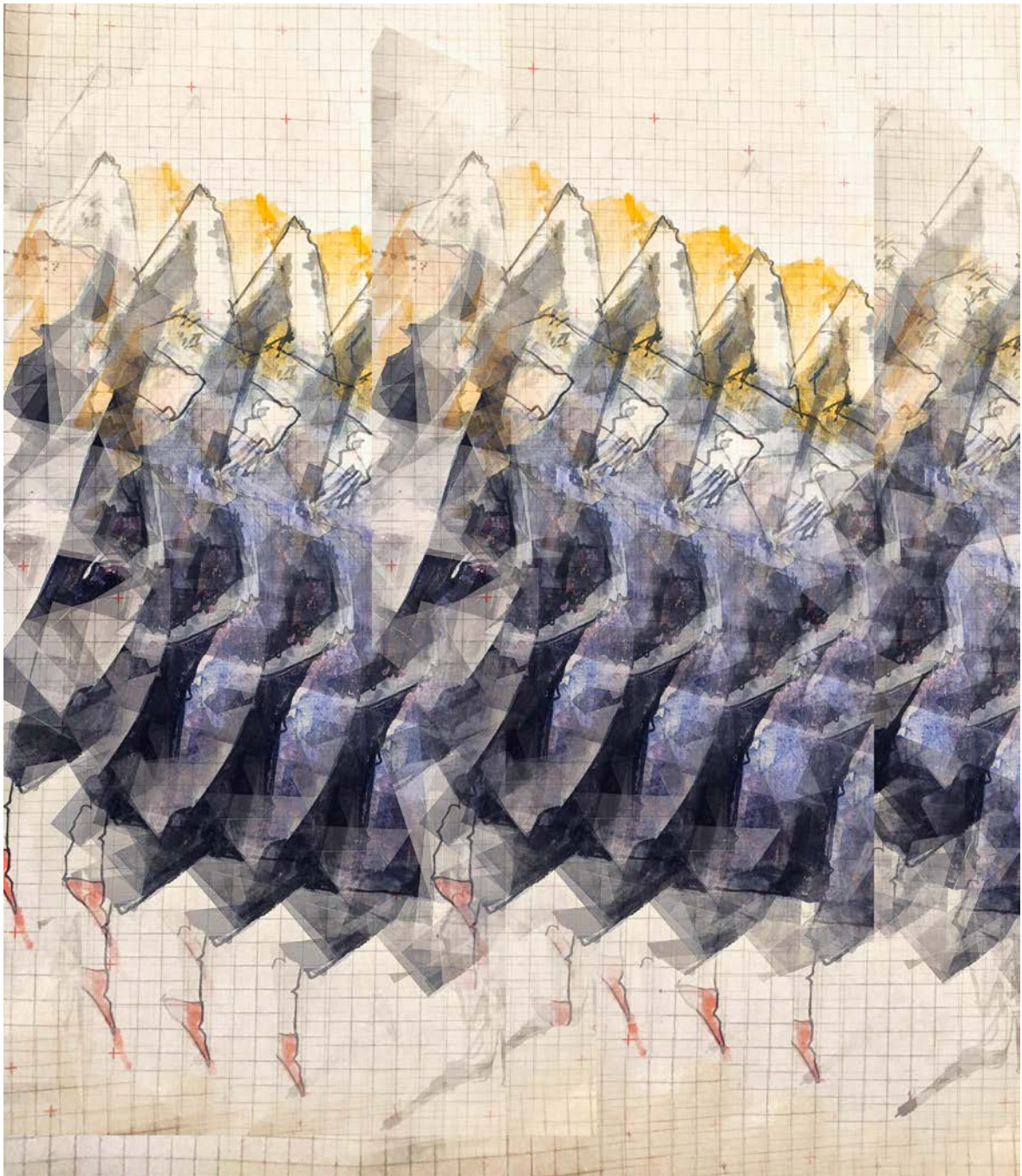
Por su parte, los prebióticos son fructooligosacáridos (FOS) como inulina, oligofructosa y fructanos obtenidos a partir de la fibra de plantas, frutas, vegetales y granos integrales. Son considerados ingredientes alimenticios no digeribles y fermentables dentro de los intestinos, que producen cambios específicos en la composición y diversidad de la microbiota intestinal así como en su actividad, propiciando una mejoría en la salud del huésped dada la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) tales como acetato, propionato y butirato, consecuencia del proceso de fermentación (Bacardi-Sarmiento, 2020). Anteriormente se ha descrito que estos AGCC son los que aportan energía a las células intestinales, pero también presentan actividad antimicrobiana, reducen el pH intestinal y excluyen a bacterias potencialmente peligrosas, teniendo así un papel de control en numerosas actividades metabólicas y de inmunidad en el organismo. Dentro de estos ácidos, lactato y acetato son los principales productos de la fermentación de los probióticos, así como butirato y propionato lo son de los prebióticos, por lo que, con motivo de obtener un efecto potenciador, consumir un simbiótico (probiótico y prebiótico) puede tener beneficios mayores con respecto al consumo de esos suplementos de manera individual. Un estudio demostró que un simbiótico acompañado de una dieta baja en grasa en un modelo murino obeso logró disminuir peso y

mantener normales los parámetros bioquímicos de glucosa, colesterol y triglicéridos (Rangel-Torres *et al.*, 2022).

Cuidar nuestra microbiota y evitar la obesidad puede sonar como algo difícil de lograr, ipero realmente no es tan complicado! Lo ideal es comenzar con pequeñas acciones que queden para siempre en nuestro día a día: lo inicial es agregar suficiente fibra y verduras frescas a nuestra alimentación, de aquí conseguiremos nuestros prebióticos; consumir algunos alimentos ricos en microorganismos, como yogures caseros que contengan búlgaros, kombucha o chucrut; o bien, algún suplemento que podemos encontrar en las farmacias. La disminución en el consumo de grasas y azúcares refinados también es esencial para evitar el aumento de peso y la modificación de la microbiota, por lo que consumir comidas altamente procesadas o en la calle debe ser una conducta limitada o cambiada por el consumo de comidas caseras a la parrilla o a la plancha. Sosteniendo estos nuevos hábitos lograremos evitar futuras enfermedades y complicaciones derivadas de la obesidad.

REFERENCIAS

- Alguacil-Olmedo M, Ruíz ME, Lozano-Sánchez A, Castilla-Maldonado, MC y Herrera-Espíñeira C (2020). Comorbilidad en pacientes con obesidad o sobrepeso ingresados en Medicina Interna. Comparación entre cuatro hospitales. *Garnata* 91:4-7.
- Bacardi-Sarmiento E (2020). Efectos de los probióticos, prebióticos y simbióticos sobre la microbiota intestinal. *Es Tu Salud* 3(3):4-7.
- Castro AM, Macedo-De la Concha LE and Pantoja-Meléndez CA (2017). Low-grade inflammation and its relation to obesity and chronic degenerative diseases. *Revista Médica Del Hospital General de México* 80(2):101-105.
- Ciangura C, Carette C, Faucher P, Czernichow S y Oppert JM (2017). Obesidad del adulto. *EMC-Tratado de Medicina* 21(2):1-10.
- Crovesy L, Masterson D and Rosado EL (2020). Profile of the gut microbiota of adults with obesity: a systematic review. *European Journal of Clinical Nutrition* 74:1251-1262.
- Fontané L, Benaiges D, Goday A, Llauradó G and Pedro-Botet J (2018). Influence of the microbiota and probiotics in obesity. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis* 30(6):271-279.
- Hernández J (2018). La obesidad y la inflamación crónica de bajo grado. *Revista Cubana de Endocrinología* 29(3):1-3.
- Orrego-M A y Orrego-B JJ (2018). Actualización de los conceptos sobre la patogénesis de la obesidad. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo* 5(4):37-45.



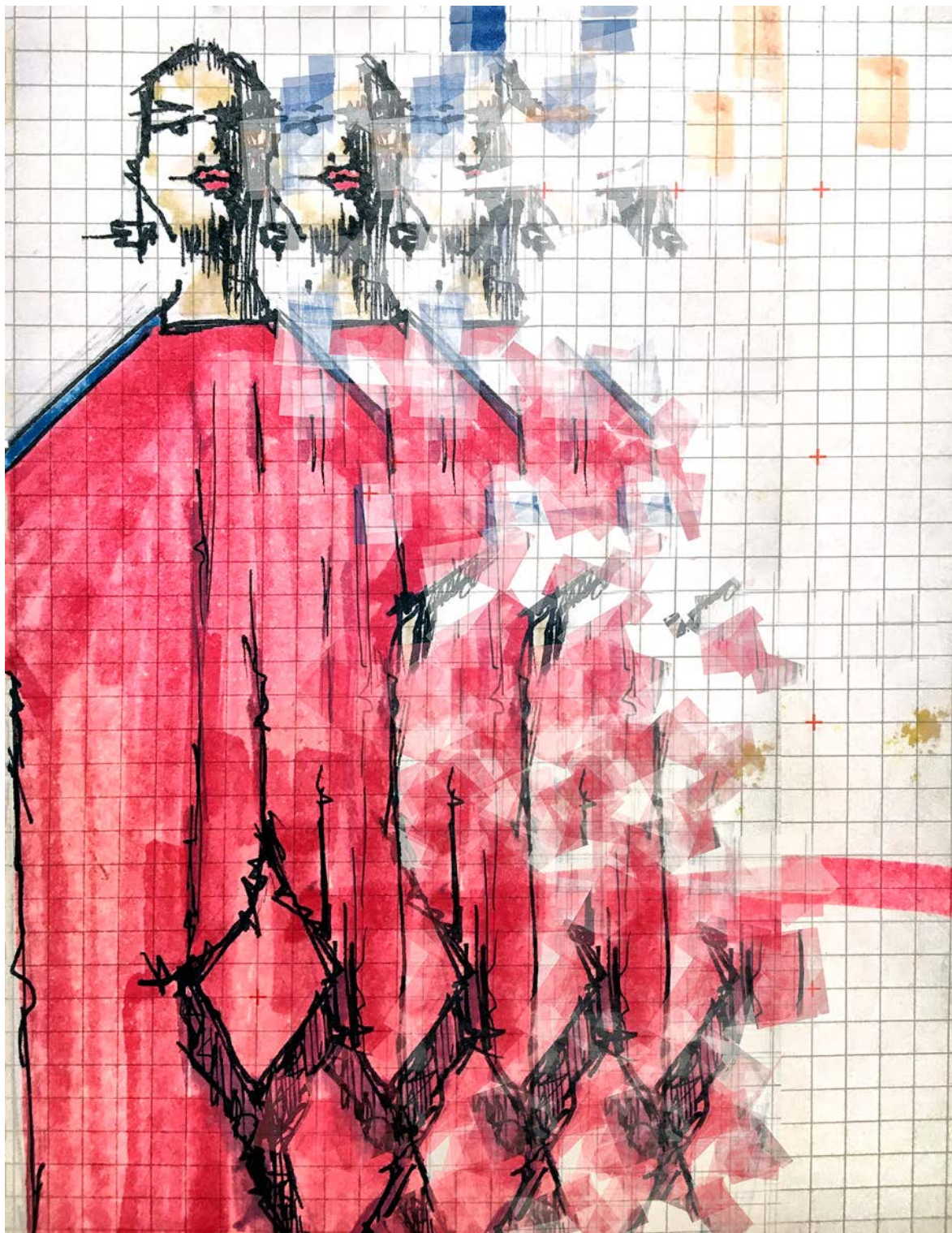
© Héctor Salazar. Yc. Mix media, digital, 2020.

Rangel-Torres EB, García-Montoya IA, Rodríguez-Tadeo A and Jiménez-Vega F (2022). The Symbiosis Between *Lactobacillus acidophilus* and Inulin: Metabolic Benefits in an Obese Murine Model. *Probiotics and Antimicrobial Proteins* 0123456789:1-9.

Rappaccioli-Salinas R, Zaror-Loaiciga V y Herrera-Jaramillo S (2021). Probióticos: desafíos, revisión y alcance. *Revista Médica Sinergia* 6(6):e686.

Stephens RW, Arhire L and Covasa M (2018). Gut Microbiota: From Microorganisms to Metabolic Organ Influencing Obesity. *Obesity Society* 26(5):801-809.

Melissa Pamela Lozano Staines
Florinda Jiménez Vega
Instituto de Ciencias Biomédicas
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
fjimenez@uacj.mx



¿Qué es la diabetes gestacional y por qué es importante conocerla?

Rafael **Violante Ortiz**
Alejandra **Tavera Tapia**

Según la definición de la Organización Mundial de la Salud, la diabetes gestacional (DG) es un aumento de la glucosa en sangre por encima de los valores considerados normales que ocurre por primera vez durante el embarazo (Baz *et al.*, 2016).

¿QUÉ LA PROVOCA?

No se conoce exactamente su causa, aunque existen diversas hipótesis que tratan de explicar su origen. Muchos autores refieren que los cambios en el cuerpo de la mujer provocados por el embarazo, como el aumento de peso y las hormonas, pueden provocar esta enfermedad. Todos producimos en el páncreas una hormona que se llama insulina, la cual es una especie de reguladora sobre el estado de la glucosa en sangre. En otras palabras, la insulina ayuda a mantener los niveles de glucosa en sangre dentro de límites normales al facilitar su depósito en hígado, músculo y tejido adiposo, así como en otras partes del organismo.

Los cambios hormonales asociados al embarazo, junto con otros factores que confieren susceptibilidad, hacen que las células del cuerpo no respondan de la misma manera a la insulina, lo que se llama resistencia. Es decir, la insulina sí está presente, incluso a veces de manera

aumentada, pero las células no la reconocen, lo que genera el mismo efecto: un desequilibrio y DG (Plows *et al.*, 2018).

¿QUÉ FACTORES ESTÁN ASOCIADOS A RIESGO?

No todas las mujeres padecen DG. Se estima que entre un 6 % y un 10 % de las mujeres embarazadas la desarrollan. El problema de la DG es que su incidencia está aumentando a nivel mundial.

Existen distintos factores que confieren susceptibilidad en mujeres embarazadas: un alto índice de masa corporal (sobrepeso u obesidad); edad mayor a treinta años; antecedentes de la enfermedad en la familia o antecedentes de diabetes mellitus tipo 2, así como haber sufrido la enfermedad en un embarazo previo; presentar condiciones relacionadas con resistencia a la insulina, como síndrome de ovario poliquístico, acantosis nigricans (que se manifiesta como una dermatosis hiperpigmentada), hiperlipidemia (aumento de lípidos como triglicéridos y colesterol en sangre), multiparidad (que haya tenido más de un hijo), hipertensión, haber tenido un hijo que pese más de 4 kilogramos (lo que se denomina macrosomía), entre otros. Algunos de estos factores se presentan de manera inherente a la población mexicana, por ello es necesario que se divulgue la existencia de la DG y que toda paciente que planea embarazarse siga adecuadamente las consultas con su médico y se realice los estudios necesarios para evitar complicaciones (Zhang *et al.*, 2016).

SI SOY JOVEN Y AÚN NO PIENSO EN EMBARAZARME

¿DEBO PREOCUPARME?

Puede ser que estos eventos futuros en la vida se vean muy distantes; sin embargo, para prevenir la posibilidad de DG en caso de embarazo futuro no está de más saber que hay que cuidarse con una dieta baja en azúcares y ejercicio, así como tratar de bajar de peso en caso de que se tenga sobrepeso u obesidad previos desde antes.

¿ES PREVENIBLE?

La mejor manera de prevenir este tipo de enfermedades y sus complicaciones a corto y largo plazo es cuidar nuestro cuerpo. Incluir ejercicio varias veces a la semana, tener una dieta balanceada que incluya frutas, vegetales, proteína, fibra y que limite el contenido de alimentos azucarados y altos en calorías, además de procurar descanso suficiente, realizarse estudios de control al menos una vez al año para vigilar los niveles de glucosa y colesterol, entre otros. En caso de que se detecten cambios o niveles más elevados de cualquier indicador, acudir con el médico. Todos son factores que se pueden controlar o modificar antes de un embarazo.

En caso de estar planeando quedarse embarazada, además de los cuidados que hemos mencionado antes, conviene acudir con especialistas para llevar control antes, durante y después del embarazo y seguir las recomendaciones que se indiquen; es lo que se llama consulta pregestacional y seguimiento gestacional. El tratamiento, así como el estado de la mujer son particulares para cada caso, de modo que la mejor opción suele elegirse dependiendo del criterio del médico tratante. Se suele recomendar una alimentación sana, ejercicios moderados, estricto seguimiento a las consultas y lograr metas en el control de la glucosa (Figura 1).

¿CUÁL ES EL TRATAMIENTO?

Dependiendo de los resultados de una prueba llamada curva de tolerancia a la glucosa, que toda embarazada debe realizarse entre las semanas 24 y 28 de gestación, así como de los datos de hemoglobina glicosilada, el médico puede decidir tratamiento con dieta, con fármacos o una combinación de ambos, así como recomendar otras medidas encaminadas a controlar o prevenir este padecimiento (Lende y Rijhsinghani, 2020; Mack y Tomich, 2017).

¿CÓMO SABER SI ESTOY EN RIESGO?

Debes pedirle a tu médico que evalúe tu riesgo de desarrollar esta enfermedad si tienes más de

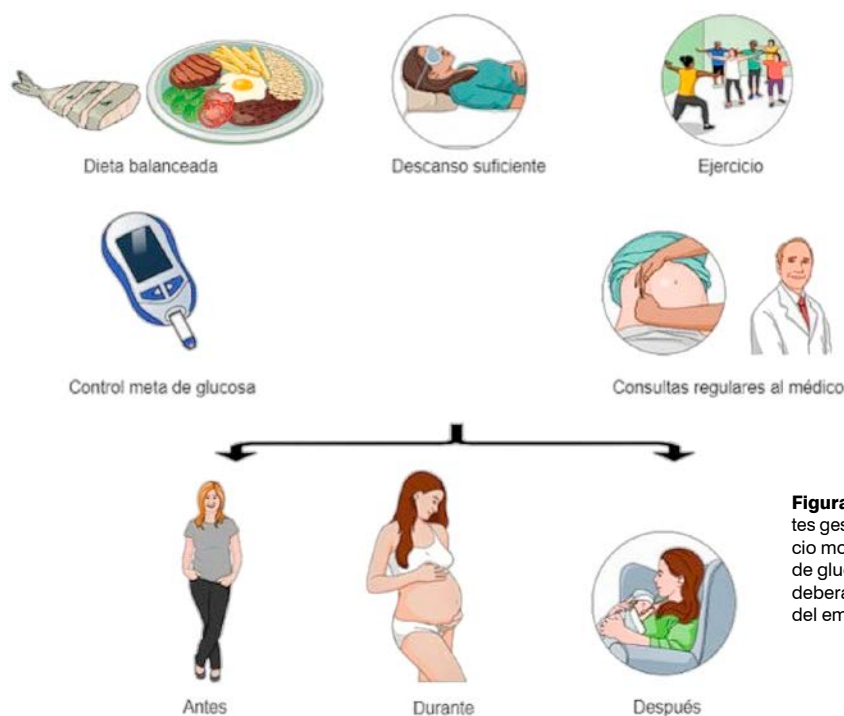


Figura 1. Las medidas preventivas para la diabetes gestacional incluyen dieta balanceada, ejercicio moderado, descanso, control de los valores de glucosa y consultas regulares al médico que deberán observarse antes, durante y después del embarazo.

30 años, tienes síndrome de ovario poliquístico, obesidad, una historia familiar de diabetes o la presencia de unos surcos oscuros y gruesos en los pliegues de cuello, ingles o axilas (acantosis nigricans).

¿CUÁLES SON LOS SÍNTOMAS?

Este padecimiento no presenta síntomas y en caso de haberlos son muy leves. Entre ellos se encuentran náuseas, vómitos, mareos, fatiga, aumento de ganas de orinar, entre otros.

No obstante, algunos de estos síntomas pueden ocurrir a causa del embarazo y no ser directamente consecuencia del padecimiento.

Por eso es necesario llevar un control de los valores de glucosa, así como seguimiento con el médico tratante para, en caso de detectarse cualquier cambio, se pueda atender de forma inmediata.

¿CUÁLES SON SUS COMPLICACIONES?

La DG puede causar complicaciones severas. En la madre, estas incluyen dificultades durante el parto, partos prematuros o muy prematuros,

requerimiento de cesárea, ruptura prematura de membranas, preeclamsia, cervicovaginitis, etcétera.

En lo que se refiere al bebé, puede nacer de tamaño grande (macrosomía), tener síndrome de dificultad respiratoria aguda, requerir de oxígeno o intubación, presentar ictericia (coloración amarillenta de piel y mucosas por un incremento de bilirrubina en sangre), hipoglucemia (valores de glucosa en sangre por debajo de lo normal), etcétera. También hay complicaciones después del parto, tanto para la madre como para el bebé, como la posibilidad de desarrollar diabetes mellitus tipo 2, síndrome metabólico, resistencia a la insulina y enfermedades asociadas (como las cardiovasculares) a largo plazo.

De ahí la importancia de tomar medidas preventivas o correctivas para evitar su aparición o controlar su evolución (Johns *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

La DG es una enfermedad que afecta durante el embarazo y puede tener complicaciones severas.



© Héctor Salazar. SK3-1. A4, paper, mix-media, 2021.

La población mexicana, por sus costumbres alimenticias, factores culturales y aumento de sedentarismo, tiene un alto riesgo de desarrollarla, por lo que es necesario identificarla tempranamente, llevar los controles adecuados, tener un seguimiento previo, durante y después del embarazo, así como seguir las recomendaciones del médico para conservar el bienestar de la madre y el bebé.

REFERENCIAS

Baz B, Riveline JP and Gautier JF (2016). Endocrinology of pregnancy. Gestational diabetes mellitus: definition, aetiological and clinical aspects. *European Journal of Endocrinology* 174:R43-51.

Johns EC, Denison FC, Norman JE and Reynolds RM (2018). Gestational Diabetes Mellitus: Mechanisms, Treatment, and Complications.

Trends in Endocrinology and Metabolism. 29:743-754.

Lende M and Rijhsinghani A (2020). Gestational Diabetes: Overview with Emphasis on Medical Management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17:9573.

Mack LR and Tomich PG (2017). Gestational Diabetes: Diagnosis, Classification, and Clinical Care. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*. 44:207-217.

Plows JF, Stanley JL, Baker PN, Reynolds CM and Vickers MH (2018). The Pathophysiology of Gestational Diabetes Mellitus. *International Journal of Molecular Sciences* 19:3342.

Zhang C, Rawal S and Chong YS (2016). Risk factors for gestational diabetes: is prevention possible? *Diabetologia* 59:1385-1390.

Rafael Violante Ortiz
Alejandra Tavera Tapia
Facultad de Medicina
"Dr. Alberto Romo Caballero"
Universidad Autónoma de Tamaulipas
ataveratapia@gmail.com

La cuarta ola de la divulgación de la ciencia y la tecnología en México

Iván Jalil Antón **Carreño Márquez**

El ecosistema de la divulgación de la ciencia y la tecnología (DCT) en México es sumamente variado e incluye actores tan diversos como universidades, institutos y centros de investigación, dependencias gubernamentales, museos, medios de comunicación, asociaciones civiles, grupos de voluntarios y, más recientemente, los investigadores del país. Cada uno de estos actores realiza sus propias aproximaciones al problema de qué divulgar y cómo hacerlo. Como consecuencia, no existe homogeneidad de metodologías, criterios de evaluación o el marco conceptual del cual se parte. Para ilustrar lo problemático que puede llegar a ser lo anterior, habrá quien pudiese argumentar que en este artículo se utiliza el término “divulgación” de manera despreocupada y lo tache de anacrónico, dando preferencia a expresiones como “comunicación pública de la ciencia”, “apropiación social del conocimiento” o “acceso universal al conocimiento”. Seguramente todos tendrán argumentos astutos para justificar su elección semántica, sin embargo, esto nos muestra la diversidad de visiones dentro del gremio de la DCT. Es recomendable acudir al análisis que hace Luisa Massarani (2018) para entender un poco más al respecto. A partir de un análisis de la literatura relacionada con la DCT determinó que si bien varios conceptos coexisten, el término “divulgación” sigue siendo el más popular. Sirva este ejemplo para dimensionar el camino

que como gremio nos falta por recorrer para lograr un mayor consenso y articulación.

La ciencia moderna, cualquiera que sea la aceptación que se quiera usar de *moderno*, es una empresa de gran complejidad y alta especialización. Es muy probable que si un antropólogo social, un físico de partículas y un especialista en inteligencia artificial, todos doctores, sostuvieran una plática sobre sus trabajos, nadie entendiese mucho de lo que sus colegas hablan (aunque probablemente pretenderían que sí lo hacen). Esto nos lleva a imaginar lo complicado que puede llegar a ser para un investigador transmitir sus conocimientos a un público no especializado. Durante su formación profesional fueron entrenados para debatir, objetar y contrastar ideas muy particulares, no para explicar con peras y manzanas a niños y jóvenes, mucho menos para desarrollar una estrategia didáctica para lograr lo anterior. Hay quien tiene el talento y lo hace muy bien, pero no es una norma (Sánchez-Mora, 2019). Divulgar la ciencia y la tecnología, históricamente no ha sido una obligación para los científicos, más bien una afición o una vocación de algunos. Esto no es necesariamente malo, pero pudiese haber quien lo haga tan desprolijamente que preferiríamos no saliera de su cubículo. La variedad de perfiles de los divulgadores, que no se limita a aquellos que producen el conocimiento científico, se refleja en el hecho de que podemos encontrar en estos menesteres a periodistas, comunicólogos, artistas, educadores y escritores, entre muchos otros. Dependiendo de nuestra formación profesional y habilidades personales, todos hemos tomado diferentes caminos hacia el mismo objetivo: comunicar la ciencia.

LAS OLAS DE LA DIVULGACIÓN

Algunos estudiosos de la historia de la DCT en México, como Carmen Sánchez-Mora, han distinguido tres grandes olas en su desarrollo. En la primera, suscitada a finales de 1950 e inicios de 1960, algunos científicos de grandes universidades tomaban parte

de su tiempo para impartir conferencias o pláticas al público lego. Con poco o nulo entrenamiento en cómo manejar a la audiencia, se aventuraban a “traducir” a un lenguaje más simple algunos conceptos e ideas que dominaban. Conforme los años pasaron, estos divulgadores autodidactas empezaron a organizarse para sistematizar y profesionalizar su labor, siendo esta la segunda ola. Para la tercera ya se contaba con un arte mínimo que permitió ingresar a este mundo a quien así lo deseara: periodistas, comunicadores, diseñadores gráficos, filósofos, entre muchos otros (Sánchez-Mora, *et al.* 2015). Pudiésemos argumentar que esta tercera ola representa la democratización de la labor y hay razones suficientes para ello: existen programas académicos de posgrado en la UNAM¹ o en el ITESO² que brindan educación formal a quien así le convenga. También se ofrecen cursos y diplomados como los impartidos por la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica A.C.³ o la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.⁴ Actualmente contamos con un mapa que sintetiza estos esfuerzos, no solo en México, sino en toda América Latina (Massarani *et al.*, 2016). Adicionalmente, diversos colectivos y grupos de voluntarios ofrecen capacitaciones, presenciales o en línea para quien estuviese interesado. Definitivamente la DCT se ha abierto más al público que busca formarse en ella y se ha derribado el mito de que solo unos pocos pueden divulgar ciencia. Más allá de lo variopintos que pueden ser los divulgadores estos días, de manera atinada se ha hecho énfasis en que aquellos que generan el conocimiento (los científicos) deberían tener un papel más activo en estos menesteres. Históricamente ha sido difícil sacar a estos seres de sus actividades diarias y algunas razones válidas hay para ello. Es cierto que la carga de trabajo, tanto en investigación como en docencia, es amplia. También que muchos de ellos no están capacitados para divulgar de manera eficiente y profesional. Además, la DCT no es aún una actividad lo suficientemente reconocida y valorada dentro de la academia. Con el objetivo de atajar este problema se han tomado algunas acciones afirmativas en los últimos años..

EL GREMIO SE HA EXPANDIDO

El Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), el cual coordina el quehacer científico del país desde la década de los setenta, se encuentra en un proceso de renovación de sus políticas y reglamentos. Si bien desde el año 2008 el reglamento del otrora Sistema Nacional de Investigadores, SNI (ahora Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, SNII) ya menciona de manera tangencial como requisito para ingresar las actividades de DCT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2008); la importancia que se le ha dado a este criterio no ha sido constante durante las diferentes iteraciones del reglamento. Es hasta la reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril de 2022 que se replantea el valor de estas actividades como criterio para el ingreso o permanencia en el sistema. La más reciente actualización al reglamento (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2022) evalúa de manera explícita esta nueva dimensión del quehacer de los investigadores. En su artículo 4, sección III, se asume como uno de los objetivos del sistema fomentar en la sociedad la cultura científica mediante el reconocimiento de actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento (distingue entre esos dos conceptos, pero no explica sus diferencias). Más aún, en su artículo 29 menciona que el acceso universal al conocimiento (un tercer concepto) y sus beneficios sociales son un parámetro para evaluar a aquellos que deseen obtener alguno de los niveles dentro del sistema.

Esto, sin lugar a duda, representa un avance en la visión de cómo la ciencia debe ser hecha y compartida. Hay que celebrar y reconocer los cambios a las políticas públicas que se hacen pensando en la inclusión de todas y todos. Sin embargo, la letra pequeña genera varias dudas para las cuales sería pertinente preguntarnos: dentro del debate semántico que existe sobre lo que es la divulgación, ¿cuáles son las diferencias entre los conceptos utilizados en el reglamento?; para efectos de la evaluación continua que se les hace a los investigadores, ¿qué es un producto válido para

el CONAHCYT?; o ¿cuáles son los criterios mínimos de calidad que estos deben tener? En el glosario de términos, puesto a disposición en el portal web del consejo, estos productos se definen como

[...] una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar conocimiento científico utilizando para ello una diversidad de medios [...] dirigida a distintos públicos (voluntarios), recreando el conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible.

Habría que consultar con los autores de este documento si tan ambigua definición es deliberada o una omisión involuntaria. Por otro lado, la evaluación de la calidad de estas actividades se determina “en función de la originalidad, del impacto y de la nitidez con la que se transmite el conocimiento”. Bueno sería contar con una lista de cotejo para determinar la originalidad y nitidez de nuestros productos, así como métricas claras para medir su impacto. Desde el punto de vista reglamentario se exige que los aspirantes a nivel candidato cuenten cuando menos con un producto de acceso universal al conocimiento, para nivel I con dos y para los niveles II y III se debe tener 4 en el periodo a evaluar. Estos criterios son un inicio, pero deberán ser precisados con más detalle si pretendemos que estas actividades logren una calidad mínima y no se conviertan en un ejercicio de simulación.

El padrón de beneficiarios del SNII, actualizado al segundo trimestre de 2023, reconoce a más de 41,000 investigadores. Esto quiere decir que en los próximos años deberíamos tener, como mínimo, igual número de actividades de DCT. ¿Estas actividades cumplirán los parámetros mínimos de calidad que los divulgadores profesionales han estado discutiendo por años? En el ánimo de todos está esperar que así sea, pero no estaría de más prepararnos para lo contrario.

Entre 2023 y 2024 varios miles de colegas pidieron su permanencia o promoción dentro del SNII y otros tantos intentaron ingresar por primera vez.



© Héctor Salazar. Ring-mol-top. 3D printed, bioplastic, 2022.

Previo al cierre de la convocatoria fue común saber de compañeros que buscaban cuáles de sus actividades podían encuadrar en la categoría de divulgación. Las revistas nacionales que publican artículos de divulgación escrita reportaron saturación en sus convocatorias y algunas empezaron a aceptar contribuciones solo en periodos específicos del año. Abundaron eventos en línea y se colgaron muchos videos en YouTube de conferencias o pláticas. Los voluntarios para dar talleres o actividades lúdicas se incrementaron sin precedentes. Incluso a eventos académicos “duros”, que tienen años realizándose, se les agregó el epíteto “de divulgación”. Una vez que la convocatoria cerró, este inusitado flujo de nuevos divulgadores empezó a menguar y muy probablemente surja de nuevo el siguiente año.

LA CUARTA OLA DE LA DIVULGACIÓN YA ESTÁ AQUÍ

Hay que ser enfático, incluir la DCT como criterio de peso para evaluar la actividad de los científicos es una de las mejores decisiones que se han tomado en los últimos años en materia de democratización del conocimiento. Sin embargo, esta viene con múltiples retos que debemos empezar a resolver. El primero y más urgente es capacitar a la comunidad científica en técnicas y estrategias de comunicación de la ciencia. Importante será también proveer de un marco teórico más robusto a los nuevos científicos-divulgadores y transitar a un proceso de evaluación de productos que realmente contemple parámetros mínimos de calidad. Esto nos tomará algunos años, pero los riesgos de no

hacerlo son mayúsculos. Imaginemos cuántos jóvenes con algún tipo de vocación científica pueden ser desalentados por un mal divulgador que en algún momento tuvo que llenar este requisito en su evaluación. Es un lujo que no debemos permitirnos.

Estamos en un momento de cambios importantes en la DCT. Hemos dado la bienvenida a nuevos colegas y es responsabilidad de todos no dejar que la profesionalización, que logramos de manera gradual en las últimas décadas, se revierta en esto que, sin lugar a duda, representa la cuarta ola de la DCT.

N O T A S

- ¹ <https://posgrado.unam.mx/filosofiadela-ciencia/>.
- ² <https://posgrados.iteso.mx/maestria-comunicacion-ciencia-cultura>.
- ⁴ <https://somedicyt.org.mx/cursos-en-linea/>.
- ¹ <https://www.dgdc.unam.mx/educacion-continua>.

R E F E R E N C I A S

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2008). Reglamento del Sistema Nacional de Investigadores (SIN). Diario Oficial de la Federación 21/4/2008. Recuperado de: https://conacyt.mx/wp-content/uploads/sni/archivo_historico/reglamentos_anteriores/Reglamento_2008_del_SNI.pdf.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2022). Reglamento del Sistema Nacional de Investigadores. Diario Oficial de la Federación 10/8/2022. Recuperado de: https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/sni/marco_legal/Reglamento_Sistema_Nacional_de_Investigadores_10_agosto_2022.pdf.
- Massarani L (2018). Estado del arte de la divulgación de la ciencia en América Latina. Journal of Science Communication América Latina 01(01) A01. <https://doi.org/10.22323/3.01010201>.
- Massarani, L., Reynoso-Haynes E, Murriello S and Castillo A (2016). Science Communication Postgraduate Studies in Latin America: a map and some food for thought. Journal of Science Communication 15(05) A03. <https://doi.org/10.22323/2.15050203>.
- Sánchez Mora AM (2019). El fin de la divulgación. Journal of Science Communication América Latina. 02(01) Y01. <https://doi.org/10.22323/3.02010401>.
- Sánchez-Mora C, Reynoso-Haynes E Mora AMS and Parga JT (2015). Public communication of science in Mexico: Past, present and future of a profession. Public Understanding of Science. 24(1):38-52. <https://doi.org/10.1177/0963662514527204>.

Iván Jalil Antón Carreño Márquez
Universidad Politécnica de Chihuahua
jcarreno@upchihuahua.edu.mx

Aves: habitantes de islas verdes en el mar de concreto

Marco Tulio Oropeza Sánchez

Las ciudades representan espacios creados y diseñados por y para el uso humano. El Banco Mundial considera que las ciudades son centros urbanos cuando presentan más de 1,500 pobladores por kilómetro cuadrado, grandes edificios y presencia de servicios básicos (agua, luz y drenaje). Así, quienes vivimos en centros urbanos consumimos alrededor de dos tercios de la energía producida mundialmente y somos responsables de más del 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, sustancias que promueven el calentamiento global.

Cuando el número de pobladores aumenta en una ciudad se necesitan más viviendas y más servicios (transporte, agua, drenaje, alimentos, etc.) para satisfacer sus necesidades. Para cumplir con las demandas de las ciudades en crecimiento, alrededor del mundo es común que los terrenos en la periferia de las ciudades (sean tierras de cultivos, pastizales para ganado o áreas boscosas) pasen a ser fraccionamientos donde cada vez es más raro observar parques o jardines comunitarios (Pickard *et al.*, 2017).

LA IMPORTANCIA DE LAS ÁREAS VERDES

Cuando alguien dice parques y jardines, imaginamos espacios con árboles, plantas con flores y pasto fresco. Lugares agradables donde solemos llevar a jugar a los



© Héctor Salazar. SK3-2. A4, paper, mix-media, 2021.

niños, a caminar y platicar con amigos o pareja, o pasear a nuestras mascotas; en resumen, son áreas de recreación. Las áreas verdes nos proporcionan otros beneficios: mantienen limpio el aire que nos rodea, reducen el ruido, nos brindan sombra en días calurosos y pueden llegar a amortiguar el calor de los vecindarios (World Health Organization, 2016). Durante la temporada de fuertes lluvias las áreas verdes pueden prevenir inundaciones (Kim y Park, 2016). Asimismo, las áreas verdes son el hogar de múltiples especies animales: la mayoría de la población nos hemos topado en algún momento con algún ave, una experiencia grata o no tanto.

¿QUÉ ES UN AVE?

Las aves son animales vertebrados que tienen características muy particulares; por ejemplo, su piel está cubierta de plumas que las protegen del frío y la lluvia. Las crías de las aves nacen de huevos

que por lo general se mantienen en nidos y reciben el calor de alguno de sus progenitores hasta que rompen el cascarón (eclosionan). En lugar de labios tienen pico que, en dependencia de su forma, nos puede dar una idea de lo que come el ave en cuestión. Por ejemplo, aves que comen semillas por lo general poseen un pico corto y ancho para romper las cáscaras; el pico largo y tubular de los colibríes les hace posible sustraer el néctar de las flores; y el pico curvo y afilado de águilas y halcones les facilita desgarrar la carne de sus presas. Asimismo, las aves tienen una característica muy particular, la presencia de alas.

Solemos asociar a las aves con el vuelo, pero existen especies que no vuelan, por ejemplo, los pingüinos, los avestruces o las gallinas. La capacidad de volar confiere varias ventajas, es lo que les permite a muchas aves moverse grandes distancias para buscar alimento y refugio o evitar a sus agresores. Y en este sentido, el vuelo, entre todas sus habilidades, ha ayudado a las aves a vivir en parques y jardines dentro de ciudades.

EL PAPEL DE LAS AVES EN LOS ECOSISTEMAS

Muchas aves, al comer insectos y gusanos, ayudan a regular sus poblaciones y evitan las plagas sobre cultivos importantes para nosotros. Aquellas especies que se alimentan de carroña (animales muertos) remueven material que puede producir un aroma desagradable y ser potenciales fuentes de enfermedades. Las especies que se alimentan de las flores o de su néctar participan en la polinización (reproducción de las plantas) y promueven la producción de frutos. Al alimentarse de frutos y defecarlas, las aves cumplen con el papel de dispersores de semillas, un proceso importantísimo ya que las aves ayudan a que se regeneren los bosques nativos. Finalmente, están los depredadores tope, aquellos que en la cima de la cadena alimenticia regulan las poblaciones de distintas especies, por ejemplo, roedores que suelen ser dañinos para cultivos y en algunos casos son portadores de enfermedades. En síntesis, para los ecosistemas y los humanos es mejor contar con varias especies de aves que solo unas pocas.

¿QUÉ PASA CON LAS AVES EN LAS CIUDADES?

Cualquier animal que vive en las ciudades, incluidas las aves, tiene que tolerar las condiciones resultantes de actividades humanas (e.g., distintos tipos de contaminación: del aire, sonora, lumínica, etc.). Algunas especies simplemente no toleran los cambios que hacemos y migran a otro lugar, o mueren, ya sea por falta de comida, porque son comidas por nuestras mascotas o atropellados por nuestros vehículos (Hagen *et al.*, 2017).

Cuando el número de árboles es escaso en los parques, las aves que buscan su alimento en troncos (por ejemplo, pájaros carpinteros) o que se refugian en los huecos de estos (el pájaro saltapared; *Thryomanes bewickii*) abandonan los parques. Lo mismo pasa cuando eliminamos las plantas con flores: aquellas aves que frecuentaban las flores por su néctar (colibríes) no suelen aparecer más por estas zonas. Cuando modificamos en exceso las áreas verdes podemos terminar por hacerlas inhabitables

para diferentes especies de aves (MacGregor-Fors y Schondube, 2011).

Las especies de aves que logran sobrevivir en nuestras ciudades logran aprovechar la infraestructura hecha para nuestro uso (por ejemplo, pueden refugiarse en edificios, alcantarillas, antenas e incluso postes de luz) y algunas se alimentan de los desechos que generamos (Escobar-Ibáñez y MacGregor-Fors, 2017). Por la capacidad que tienen las especies para aprovechar nuestros recursos algunas aves suelen ser muy abundantes en las áreas verdes y en las ciudades. Los gorriones, por ejemplo, son aves pequeñas que son consideradas generalistas (su dieta no está restringida a un solo alimento), pueden anidar en muchos espacios (árboles, postes de luz, tejados y hasta cestos ceniceros), incluso utilizan nidos abandonados por otras especies. Pero ¿será bueno que nuestros parques sean habitados únicamente por gorriones?

MENOS NO ES MÁS

En el zócalo de la ciudad de México suele ser muy raro observar aves que no sean palomas; de manera simple, el zócalo de la ciudad es una plancha de rocas. En estos espacios grises, las aves que suelen alimentarse de animales que viven enterrados como lombrices ya no tienen cabida. Lo mismo pasa en aquellos fraccionamientos y colonias tapizadas de concreto, cuando el concreto cubre el suelo privamos de alimento a estas aves.

En muchos casos la calidad de los parques para mantener a diferentes especies de aves depende de qué tan variada es la vegetación (Canedoli *et al.*, 2018). Me refiero a que un área verde es mejor recibida por las aves cuando cuenta con diferentes tipos de plantas: hierbas, arbustos y árboles de gran altura. Además, se ha observado que los parques que tienen flores durante todo el año son más atractivos para diferentes especies de aves. Si traducimos, más flores quiere decir que en un futuro habrá más frutos y en consecuencia más comida para todos.

Imaginemos por un momento que somos un ave que gusta de los bosques, zonas de mucha sombra donde abundan árboles de gran tamaño y gran cantidad de frutos y gusanos en el suelo.

Después de que se remueven los árboles y se coloca un fraccionamiento ya no podríamos vivir ahí, pero esa es una idea inicial. Lo cierto es que en la ciudad de México se distribuyen especies que se han asociado a las zonas boscosas, y se han encontrado en parques que se encuentran cubiertos por árboles de tronco ancho y muy altos, o donde hay árboles con gran cantidad de frutos (MacGregor-Fors, 2008).

Así que, de alguna manera, las aves toman estos parques como hogares sustitutos.

LA DISTANCIA ENTRE LOS PARQUES

Cuando la comida y otros recursos para las aves escasean en un parque, estas tienen que visitar diferentes áreas verdes para satisfacer sus necesidades. Veámoslo desde esta forma: para un ave, atravesar ciertos barrios para llegar a más parques puede ser una ventaja ya que termina encontrando el alimento necesario para subsistir. Pero moverse grandes distancias también representa un mayor costo energético.

En estos casos las aves constantemente deben decidir si invierten energía para obtener más alimento o se conforman con el alimento limitado, no son decisiones fáciles.

Elegir mal puede significar que no podrán competir por conseguir pareja y reproducirse, o alimentar lo suficiente a sus crías para que mantengan su linaje. A grandes rasgos, la permanencia de varias especies de aves depende de la distancia que existe entre parques (o su arreglo espacial; Murgui, 2007).

Y aquellas aves que tienen una dieta más amplia pueden terminar su búsqueda más rápido que especies con dietas especializadas. Estas últimas son las que más resienten el aislamiento de los parques por el mar de concreto.

CONCLUSIÓN

La intervención humana no siempre es muy bien recibida por las aves; cuando inundamos de concreto las ciudades, las áreas verdes quedan aisladas en un mar gris.

Las áreas verdes son muy importantes para los seres humanos, pero también son importantes para otras especies. La convivencia con la naturaleza puede ser complicada porque siempre estamos buscando nuestra comodidad. Pero si vemos el lado positivo (los beneficios de tener muchas especies de aves) podríamos aceptar que lo que sacrificamos no es nada en comparación con lo que recibimos de la naturaleza.

R E F E R E N C I A S

- Escobar-Ibáñez JF and MacGregor-Fors I (2017). What's New? An Updated Review of Avian Ecology in Urban Latin America. En: MacGregor-Fors I and Escobar-Ibáñez J (Ed), *Avian Ecology in Latin American Cityscapes*. Springer, Cham.
- Hager SB, Cosentino BJ, Aguilar-Gómez MA, Anderson ML, Bakermans M, Boves TJ... and Zuria I (2017). Continent-wide analysis of how urbanization affects bird-window collision mortality in North America. *Biological Conservation* 212:209-215.
- Kim HW and Park Y (2016). Urban green infrastructure and local flooding: The impact of landscape patterns on peak runoff in four Texas MSAs. *Applied Geography* 77:72-81.
- MacGregor-Fors I (2008). Relation between habitat attributes and bird richness in a western Mexico suburb. *Landscape and Urban Planning* 84:92-98.
- MacGregor-Fors I and Schondube JE (2011). Gray vs. green urbanization: relative importance of urban features for urban bird communities. *Basic and Applied Ecology* 12:372-381.
- Murgui E (2007). Effects of seasonality on the species-area relationship: a case study with birds in urban parks. *Global Ecology and Biogeography* 16:319-329.
- Pickard BR, Van Berkel D, Petrasova A and Meentemeyer RK (2017). Forecasts of urbanization scenarios reveal trade-offs between landscape change and ecosystem services. *Landscape Ecology* 32:617-634.
- World Health Organization Regional Office for Europe (2016). Urban green spaces and health: A review with evidence.

Marco Tulio Oropeza Sánchez
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México
mtos0290@gmail.com

¿Cómo se comunican los animales?

José M. **Serrano**
Leticia M. **Ochoa Ochoa**

Cuando preguntamos a los estudiantes qué entienden por comunicación animal, solemos encontrar cierto consenso en la idea de que es un fenómeno que involucra la transferencia de información codificada entre al menos dos participantes, un emisor y un receptor. Hay un “algo” que se comunica del emisor hacia el receptor y que está contenido en un componente visual, un sonido, un olor o una vibración. Esta perspectiva utiliza términos como “transferencia”, “información” y “codificación” porque ha sido construida a partir de analogías respecto a lo que conocemos sobre la comunicación entre humanos y los medios de información.

Aunque suele ignorarse en las definiciones coloquiales e incluso en una gran cantidad de textos especializados, uno de los elementos más importantes en cualquier modelo para explicar la conducta de los seres vivos es el observador. Los cambios de posición o postura de un ser vivo que un observador describe como acciones en relación con un ambiente determinado es lo que llamamos conducta (Maturana y Varela, 1994). Es decir, sabemos que ha ocurrido el fenómeno de la comunicación porque un observador detecta un cambio conductual en un receptor después de que la señal producida por un emisor, y que atraviesa un ambiente, es captada por al menos un receptor (Figura 1).

En el estudio de la conducta se tiene noción de que hay un efecto del observador que puede influir el resultado de

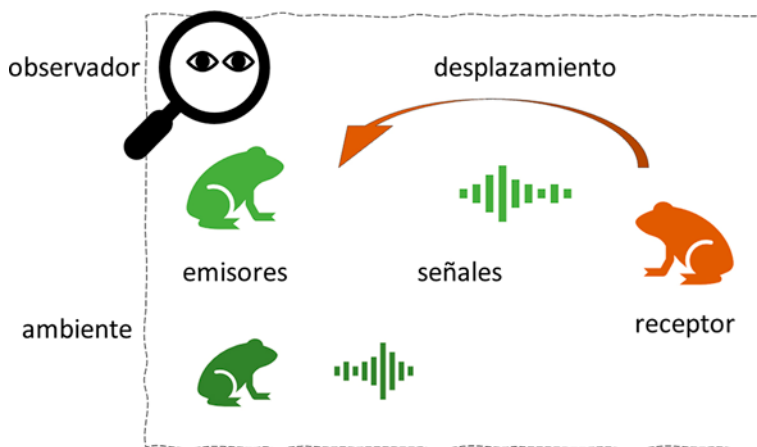


Figura 1. En el modelo manipulativo de comunicación, el observador califica la conducta de desplazamiento con que el receptor reacciona frente a la señal del emisor.

los experimentos (Krueger *et al.*, 1996). En particular, en el estudio de la comunicación animal, el observador generalmente se ha invisibilizado (véase Bradbury y Vehrencamp, 2011). Este último hecho es la principal motivación para escribir este artículo y presentar una perspectiva básica a las personas interesadas en adentrarse en el estudio de la comunicación animal. Los ejemplos que utilizaremos para argumentar las ideas expuestas consisten en casos de comunicación acústica, pero estos son extrapolables a los modos de comunicación visual, química o vibratoria, o a su combinación multimodal.

LOS ANIMALES SE COMUNICAN SIN TRANSFERIR INFORMACIÓN

En el año 2009 fue publicado en la revista *Animal Behavior* el ensayo: *What do animal signals mean?* (¿Qué significan las señales de animales?). Increíblemente, este artículo develaba que hasta entonces no había una definición clara y consensuada entre distintos autores sobre qué se entiende por comunicación cuando nos referimos a los animales (Rendall *et al.*, 2009). Más aún: que la información –aunque suele invocarse para explicar la comunicación– no se puede cuantificar o medir en las señales animales.

La aparición del ensayo de Rendall y sus colaboradores generó una interesante discusión con respuestas y contrarrespuestas en distintas revistas

de biología y conducta animal (Carazo y Font, 2010; Owren *et al.*, 2010; Seyfarth *et al.*, 2010), e incluso fue publicado un libro que incluyó las posturas “informativa” y “manipulativa” respecto al uso del término información en la comunicación animal (Stegmann, 2013). Entre estas réplicas, el papel del observador permaneció fuera de los modelos de comunicación propuestos y se relegó su papel como un factor que puede simplemente estar presente y relacionarse con la información (Stegmann, 2013), pero no como principal responsable de la narrativa de la comunicación informativa entre animales.

Varios años antes de que ocurriera este debate sobre la información en las señales de comunicación animal, los neurobiólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela ya habían mostrado en su libro *El árbol del conocimiento* (1994) cómo el uso del término “información” dentro de la biología resulta inoperante y confuso. Por ejemplo, cuando se afirma que el ADN contiene la información necesaria para reconstruir a un ser vivo, se promueve la idea de que unas moléculas pueden actuar aisladas de la red de interacciones que constituye a cada ser vivo. El error, enfatizan Maturana y Varela (1994), está en confundir participación esencial con responsabilidad única.

LA INFORMACIÓN OCURRE EN EL OBSERVADOR

La palabra información está integrada por tres componentes léxicos: el prefijo *in* (que significa hacia adentro), *forma* (figura o imagen) y el sufijo *ción* (acción y efecto). Es decir, cuando hablamos de información nos referimos a la acción observada que toma forma en quien observa (Maturana y Varela, 1994; Maturana y Mpodozis, 1987), por lo que el significado –ese “algo informativo” en una

señal— no está determinado por la acción externa, sino que se ha constituido con las capacidades sensoriales del observador.

DESCONFIAR DE LA INFORMACIÓN

Entre los defensores de la postura informativa de la comunicación animal predomina el argumento de que la información (encriptada en las señales) reduce la incertidumbre en el receptor, además de que la información ayuda a conectar la comunicación animal con la teoría del aprendizaje y permite el estudio de mecanismos de asociación de señales con conductas específicas; por ejemplo, en las colonias de aves marinas, a la señal de cualquier ave que ha detectado un cardumen suelen acudir especies distintas que escuchan la señal dentro de la colonia. Es decir, no es necesario ser de la misma especie para atender la señal con la información “acá hay alimento”. En estos ejemplos, las señales permiten a los receptores predecir eventos de conducta y estados actuales del emisor, particularmente cuando el aprendizaje es adaptativo (Seyfarth *et al.*, 2010; Bradbury y Vehrencamp, 2011). En contraste, el modelo conductual de la comunicación sugiere que la conducta de seguir al ave con la señal de alimento no es más que la imitación de conductas de dirección de vuelo gatilladas por una señal llamativa.

Muchos ecólogos de la conducta están convencidos de que en los sistemas de comunicación evolucionan señales honestas y deshonestas, con una tendencia a que predominen en el tiempo las señales honestas, al ser estas más útiles al propagarse dentro de una población (Bradbury y Vehrencamp, 2011). Para el modelo manipulativo de comunicación, las señales de comunicación son las “morfologías o conductas especializadas y únicas de cada especie que influyen la conducta presente o futura de otro animal” (Owren *et al.*, 2010). Así, las señales honestas son aquellas de interés para los receptores en las que se asocia de forma confiable algún atributo o característica exhibida por el emisor o por su entorno (Bradbury y Vehrencamp, 2011).

Por ejemplo, si alguna característica acústica del canto reproductivo de una rana está relacionada con la variación del tamaño de su especie y posteriormente corroboramos mediante un experimento que las hembras prefieren cantos de machos más grandes, podríamos suponer que los cantos son honestos. Y en el caso de una especie de rana en que la asociación entre señales y atributos físicos no existiera, las señales serían deshonestas respecto a lo que permiten predecir a las hembras sobre los machos.

LA INFORMACIÓN NO SE TRANSMITE SOLAMENTE SE CALCULA

En los ejemplos de señales honestas y deshonestas, la información puede ser entendida como el cambio en las probabilidades estimadas de que una determinada condición sea verdadera y conveniente para el receptor (Bradbury y Vehrencamp, 2011); es decir, la información no es algo que fluye entre emisor y receptor, sino una probabilidad de qué tan confiable puede ser una señal. En la discusión (*web topic*) sobre información y comunicación del libro *Principles of animal communication* (“Principios de comunicación animal”; Bradbury y Vehrencamp, 2011), los autores afirman que “al poderse estructurar en modelos algebraicos [la información] se convierte en un término confiable” para explicar la comunicación animal. En otras palabras, aunque la información no se puede transmitir por emisores, sí puede ser calculada por receptores.

Bajo el planteamiento del modelo informativo de comunicación, los organismos son capaces de monitorear continuamente el ambiente para calcular las condiciones y detectar los cambios a los que se enfrentan, provenientes de las señales producidas por otros organismos y las claves ambientales (Figura 2).

Este muestreo continuo es lo que Bradbury y Vehrencamp (2011) han interpretado como el proceso de codificación de las señales. Y es en esta codificación donde quizás se encuentre la mayor debilidad

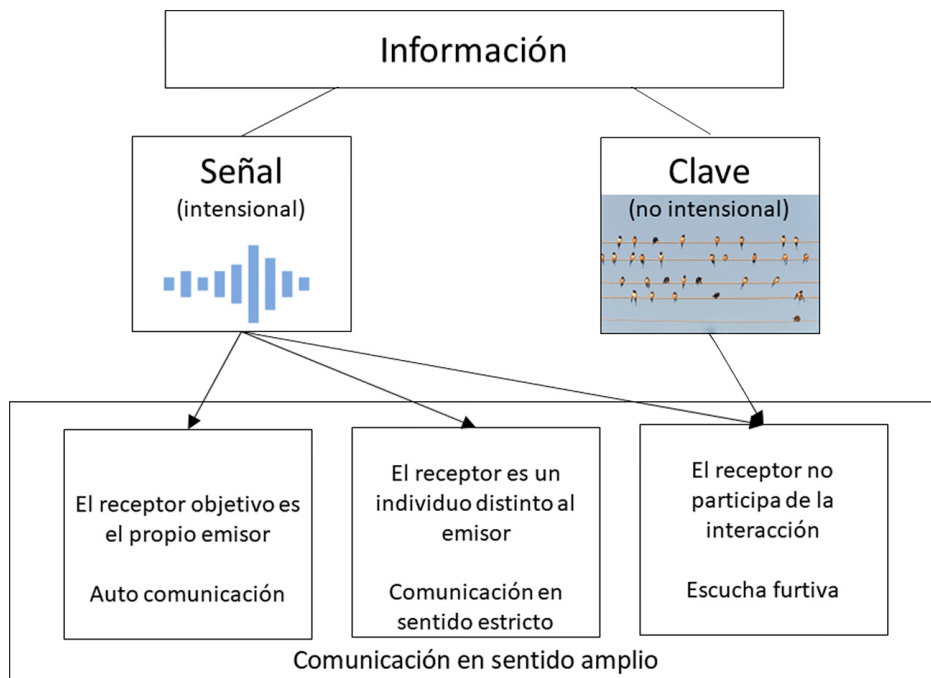


Figura 2. En el modelo informativo de comunicación los emisores y receptores son solo componentes alusivos (modificado de Danchin *et al.*, 2008).

del modelo informativo de la comunicación, porque al considerar que la confiabilidad de las señales depende de la consistencia con la que los emisores asignen referentes a las señales (el sonido de aves que indica “aquí hay comida”), le confiere la mayor responsabilidad al emisor de las conclusiones que pueda tener el observador respecto a la asociación de señales y referentes. Y es que estos referentes “son siempre imperfectos”, pues

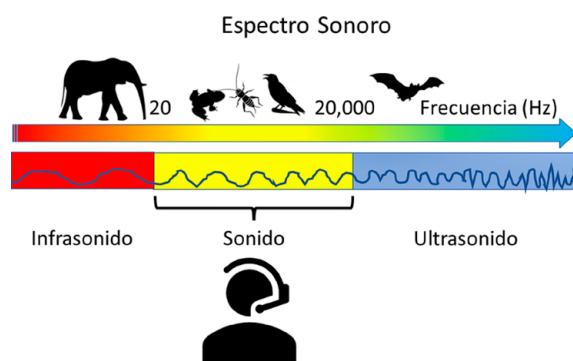
[...] diferentes referentes pueden provocar la misma señal y se pueden dar señales diferentes para el mismo referente, lo que hace que la identificación de señales confiables por parte de los receptores y los investigadores sea una tarea cuantitativa en lugar de cualitativa (Bradbury y Vehrencamp, 2011).

Es decir, si un ave produce la misma señal frente a distintos estímulos o si produce diferentes señales para un mismo estímulo, la imperfección de la codificación es propia del emisor y no del observador-científico.

ENTONCES, ¿CÓMO SABEMOS SI SE COMUNICAN LOS ANIMALES?

Los organismos que tienen correspondencia entre sus estructuras sensoriales son capaces de entrar en procesos de comunicación (Maturana y Varela, 1994). Es decir, la principal limitante para que ocurra comunicación son las estructuras biológicas, por ejemplo, el rango espectral auditivo para escuchar (Figura 3). Así, la sensorialidad es la barrera o el puente para que distintos organismos puedan

Figura 3. El espectro sonoro se define a partir del rango que el ser humano puede escuchar. El infrasonido y ultrasonido que usan otros animales le son perceptibles usando instrumentos tecnológicos.



Componentes	Modelos de comunicación		
	Informativo	Manipulativo	Conductual
Comunicación	Es la transmisión de [información de] un emisor a un receptor (Bradbury y Vehrencamp, 2011).	Es un proceso mediante el cual se intenta influir en los demás (Owren <i>et al.</i> , 2010).	Ocurre cada vez que hay coordinación conductual entre organismos con acoplamiento estructural (Maturana y Varela, 1994).
Emisor	Emisores y receptores tienen distintos intereses.	La intención del emisor determina la función de su señalización.	El emisor puede desencadenar conductas en tanto comparta estructuras con posibles receptores.
Receptor	Distintos tipos de receptores monitorean continuamente señales en su ambiente.	Los receptores presentan flexibilidad en su respuesta a las señales.	El fenómeno de comunicación no depende de la entrega de señales sino de lo que pasa en quien percibe.
Señal	Las señales se ubican entre los extremos de honestidad y deshonestidad.	Es el componente central en torno al cual ocurre el fenómeno comunicativo.	Las señales no siempre son observables por el científico, pero ello no anula el fenómeno comunicativo.
Información	Es el componente central del modelo.	Los animales interactúan a partir de intenciones de manipular la conducta de otro organismo.	No es un concepto útil para describir el fenómeno social de comunicación.

Tabla 1. Los distintos modelos de comunicación animal tienen énfasis contrastantes sobre los componentes y propósitos de la comunicación.

coordinar sus conductas. En esta definición los escenarios de información que brindan instrucciones o la aparición de señales que intentan influenciar la conducta en otros organismos no son condiciones básicas para que la comunicación ocurra (Tabla 1).

Analicemos el fenómeno de los coros matutinos o vespertinos de las aves y hagamos un contraste entre cómo se suele explicar ese comportamiento complejo. Desde la biología no hay consenso para explicar los porqués de esta conducta social que incluye el canto simultáneo de múltiples especies. Existen numerosas hipótesis tanto fisiológicas como conductuales que no necesariamente son excluyentes: la coordinación hormonal con el ambiente y la integración social como causa y consecuencia de los coros son algunas de estas hipótesis (Gil y Llusia, 2020).

En el ámbito de las explicaciones coloquiales, podemos encontrar argumentos que aluden a una cierta coordinación para explicar la comunicación animal; por ejemplo, nuestras abuelas decían que los gorriones cantan al amanecer y al atardecer para dar gracias a Dios. Una idea opuesta a la sugerida en el *Popol Vuh*, donde ni los pájaros ni ningún otro animal sobre la tierra aprendieron a alabar o decir el nombre de los dioses.

Una explicación compartida tanto por el *Popol Vuh* como por la ciencia es que la tarea de nombrar todo lo que se logra conocer solamente la ha podido alcanzar el ser humano. No obstante, los defensores de la comunicación informativa suponen que hay animales sociales que sí tienen lenguaje y persiguen la posibilidad de descifrar algún día el lenguaje de los animales.

LA COORDINACIÓN COMUNICATIVA

Reflexionar respecto de las metáforas y analogías sobre la comunicación en el ámbito coloquial es indispensable, pues es en este contexto en el que ocasionalmente se intenta explicar, por ejemplo, que los machos de distintas especies cantan “para enamorar a las hembras y lograr reproducirse”. Pero cuando se trata de sonidos poco armoniosos para el oído, como los graznidos o estruendos vespertinos de los chanates o zanates (*Quiscalus mexicanus*), la narrativa del agradecimiento que narraban las abuelas sobre los gorriones, o la del enamoramiento de las ranas y pájaros, desaparece y se anula cualquier intencionalidad armoniosa.

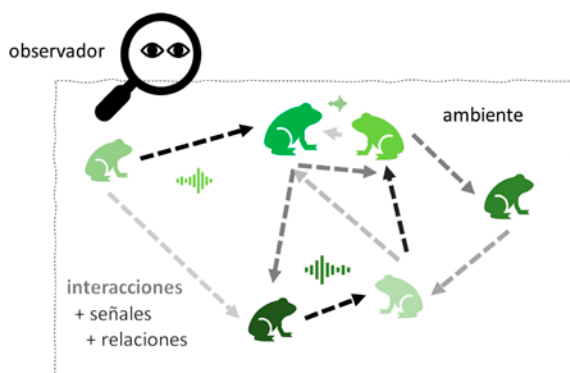


Figura 4. Cuantificar interacciones y relaciones sociales para formular hipótesis sobre comunicación es una forma de representar el modelo conductual de comunicación.

¿Desde qué modelo de comunicación puede afirmarse que en los coros multitudinarios hay comunicación, aunque no tengamos una propuesta sobre qué información están intercambiando o desconozcamos cuál es la intención de los coristas? La compleja dinámica de señalización que los organismos realizan nos sugiere que la información y la manipulación no son claras entre los individuos de distintas especies que integran estos coros. En estos casos los observadores pueden detectar interacciones y relaciones entre individuos que pueden ser muy ordenadas o sumamente caóticas y explicar su entramado de relaciones (Figura 4).

Para involucrarnos en el estudio de cualquier disciplina científica es importante conocer a fondo sus propuestas teóricas, pero es igualmente importante estar dispuestos a cuestionar algunas “certezas” que han constituido nuestras explicaciones sobre los fenómenos naturales. En el caso de la comunicación entre animales es indispensable considerar que para conocer algo nuevo sobre otras especies necesitamos renunciar a la idea de que conductualmente operan bajo los mismos supuestos que nuestra especie. Además, es importante que al estudiar la comunicación entre animales tengamos presente que las preconcepciones que tenemos sobre cómo funciona el mundo van a influir en lo que logremos explicar sobre lo que observamos.

Por ello, en la práctica, es importante reconocer cuáles son nuestras expectativas al realizar un estudio, además de apoyarnos en observadores que sean ciegos acerca de nuestras expectativas y cuantifiquen las conductas que queremos analizar.

AGRADECIMIENTOS

Estancia posdoctoral de José M. Serrano realizada gracias al Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM (POSDOC).

R E F E R E N C I A S

- Bradbury JW and Vehrencamp SL (2011). *Principles of animal communication*. EUA: Sinauer Associates.
- Carazo P and Font E (2010). Putting information back into biological communication. *Journal of Evolutionary Biology* 23:661-669.
- Danchin E, Giraldeau LA and Cézilly F (2008). *Behavioural ecology*. Reino Unido: Oxford University Press.
- Gil D and Llusia D (2020). The bird dawn chorus revisited. En Aubin T y Mathevon N (Eds.), *Coding strategies in vertebrate acoustic communication* (pp. 45-90). Springer International Publishing.
- Krueger J, Ham JJ and Linford KM (1996). Perceptions of behavioral consistency: are people aware of the actor-observer effect? *Psychological Science* 7:259-264.
- Maturana H and Mpodozis J (1987). Perception: Behavioral configuration of the object. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales* 20:319-324.
- Maturana H y Varela F (1994). *El árbol del conocimiento*. Chile: Lumen-Editorial Universitaria.
- Owren MJ, Rendall D and Ryan MJ (2010). Redefining animal signaling: influence versus information in communication. *Biology & Philosophy* 25:755-780.
- Rendall D, Owren MJ and Ryan MJ (2009). What do animal signals mean? *Animal Behaviour* 78:233-240.
- Seyfarth RM, Cheney DL, Bergman T, Fischer J, Zuberbühler K and Hammerschmidt K (2010). The central importance of information in studies of animal communication. *Animal Behaviour* 80:3-8.
- Stegmann U (2013). *Animal communication theory: Information and influence*. Cambridge University Press.

José M. Serrano
Leticia M. Ochoa Ochoa
Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”
Departamento de Biología Evolutiva
Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de México
jose.rano@gmail.com

Un sitio de nidificación inusual para el papamoscas negro

José Antonio **González Oreja**

El papamoscas negro (*Sayornis nigricans*) es un pequeño pájaro de la familia de los mosqueros y tiránidos, que se distribuye desde el suroeste de los Estados Unidos a través de México y Centro América, hasta el norte de Argentina (*i.e.*, principalmente en la región neotropical). Nidifica en una diversidad de entornos acuáticos, incluyendo cuerpos de agua semipermanentes, siempre que en ellos haya barro, necesario para construir los nidos (Wolf, 2020). Además de sitios naturales, como cortados rocosos más o menos protegidos, este papamoscas puede utilizar estructuras humanas para ubicar sus nidos, lo que en el último siglo ha ayudado a que la especie colonice multitud de áreas nuevas. Las estructuras artificiales en las que se han encontrado nidos de la especie incluyen edificios, bajo puentes, estructuras de drenaje e irrigación, túneles de carreteras y pozos abandonados, entre otros (Wolf, 2020).

HALLAZGO DE PAPAMOSCAS Y OTRAS ESPECIES DE AVES ANIDANDO EN FAROLAS

El 15 de abril de 2022, en el complejo de pesca deportiva y campamento Amatzcalli, que se localiza en el estado de Puebla, centro de México (ca. 18° 56' 45" N, 98° 28' 13" W; a unos 2,040 m de altitud), encontré un nido de papamoscas negro en un sitio de lo más inusual: dentro de la luminaria de plástico, rota, de una farola tradicional



Figura 1. Un adulto de papamoscas negro (*Sayornis nigricans*) inicia el vuelo desde su nido, ubicado en la luminaria rota de una farola. © José Antonio González-Oreja.



Figura 2. Un adulto de cuicacoche pico curvo (*Toxostoma curvirostre*) en su nido, ubicado en la luminaria rota de otra farola. Nótese la acumulación de gran cantidad de ramitas y otro material vegetal visibles a través del panel lateral de Perspex. © José Antonio González-Oreja.

(Figura 1), a unos 5 o 6 m sobre el suelo. Que yo sepa, este es el primer registro de papamoscas negro anidando dentro de farolas.

El nido estaba construido con barro y adherido en el interior de una de las superficies verticales de los paneles de Perspex® de la luminaria. A no ser por la entrada rota, quedaba completamente protegido de las inclemencias del tiempo y aparentemente a salvo de los posibles depredadores. A pesar de que estaba ubicado por encima de los nidos naturales de la especie (1 a 3 m sobre el suelo; Wolf, 2020), este nido en una estructura artificial podría ser comparable a los nidos que los papamoscas negros ubican dentro de huecos sobre estructuras naturales, como cavidades en árboles.

En México, el 15 de abril de 2022 fue Viernes Santo, y aunque hubo muchos visitantes y familias en el *resort* Amatzcalli, no observé un impacto notable en el comportamiento de los papamoscas. Así, entre las 9:30 a.m. y las 5 p.m. estuve cerca de la farola con el nido, y cada pocos minutos observé un adulto volando y forrajeando en las proximidades, donde había abundantes microhábitats acuáticos y donde presumiblemente encontraba presas con facilidad (Hernández *et al.*, 2010). Varios autores han reportado que esta especie comienza a incubar cuando se ha completado la puesta de los huevos, y que son las hembras las que incuban, siempre (Peñaranda-Barrios y Linneo-Foronda, 2021)

o preferentemente (Wolf, 2020). Sin embargo, no pude identificar el sexo de las aves que observé, ni siquiera si se trataba siempre del mismo individuo, ya que el papamoscas negro es una especie sexualmente monomórfica (Wolf, 2020).

Por otro lado, el mismo día y en el mismo complejo, pero a unos 200 m de distancia, encontré el nido de un cuicacoche pico curvo (*Toxostoma curvirostre*), dentro de la luminaria (también rota) de otra farola (Figura 2); sin barro, pero con abundantes ramitas y otro material vegetal. En fin, en la misma farola donde estaba el nido del papamoscas, encontré el nido de un saltapared cola larga (*Thryomanes bewickii*), esta vez dentro del poste (también roto) de la farola, a unos 0.5 m del suelo (Figura 3).

UNA HIPÓTESIS EXPLICATIVA DE ESTE COMPORTAMIENTO

El hecho de que tres especies de aves estuvieran anidando dentro de estructuras artificiales (incluyendo al saltapared cola larga, que puede anidar en cavidades preexistentes; Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego, 2006) podría deberse a la baja disponibilidad de agujeros naturales en el área forestal en la que se ubica el complejo Amatzcalli. En efecto, aunque el área está cubierta por árboles tanto nativos como exóticos, dominan los eucaliptos (*Eucalyptus sp.*), que no son nativos de México. En su área de distribución nativa, los eucaliptos pueden presentar agujeros en sus troncos, pero los procesos que llevan a la formación de estos



Figura 3. Un adulto de saltapared cola larga (*Thryomanes bewickii*) inicia el vuelo desde su nido, ubicado en el poste roto de la misma farola con el nido del papamoscas negro. Nótese el saco fecal en el pico del saltapared. © José Antonio González-Oreja.

agujeros pueden necesitar de mucho tiempo; de hecho, para algunas especies de aves, los árboles deben tener edades comprendidas entre 165 y 210 años (Wormington y Lamb, 1999, Koch *et al.*, 2008).

La introducción de los eucaliptos en México comenzó en la primera mitad del siglo XIX (Vega y Ortega, 2016), por lo que es posible que todavía no haya una elevada disponibilidad de cavidades naturales para las especies de aves que no las excavan. Además, no todas las cavidades naturales que hay dentro de un hábitat forestal resultan adecuadas para que las aves aniden en ellas (Medina-Estrada *et al.*, 2022).

A pesar de que es necesario un mayor trabajo investigador para determinar la verosimilitud de mi hipótesis, en este artículo presento evidencia de que las luminarias y los postes de las farolas pueden ofrecer nuevos sitios de nidificación para algunas especies de aves, como el papamoscas negro. En este sentido, mi trabajo contribuye, siquiera modestamente, a aliviar la falta de conocimientos sobre la historia natural de muchas aves neotropicales, incluyendo el comportamiento reproductor, sobre la

cual han informado recientemente diversos autores (Lees *et al.*, 2020, Soares *et al.*, 2023).

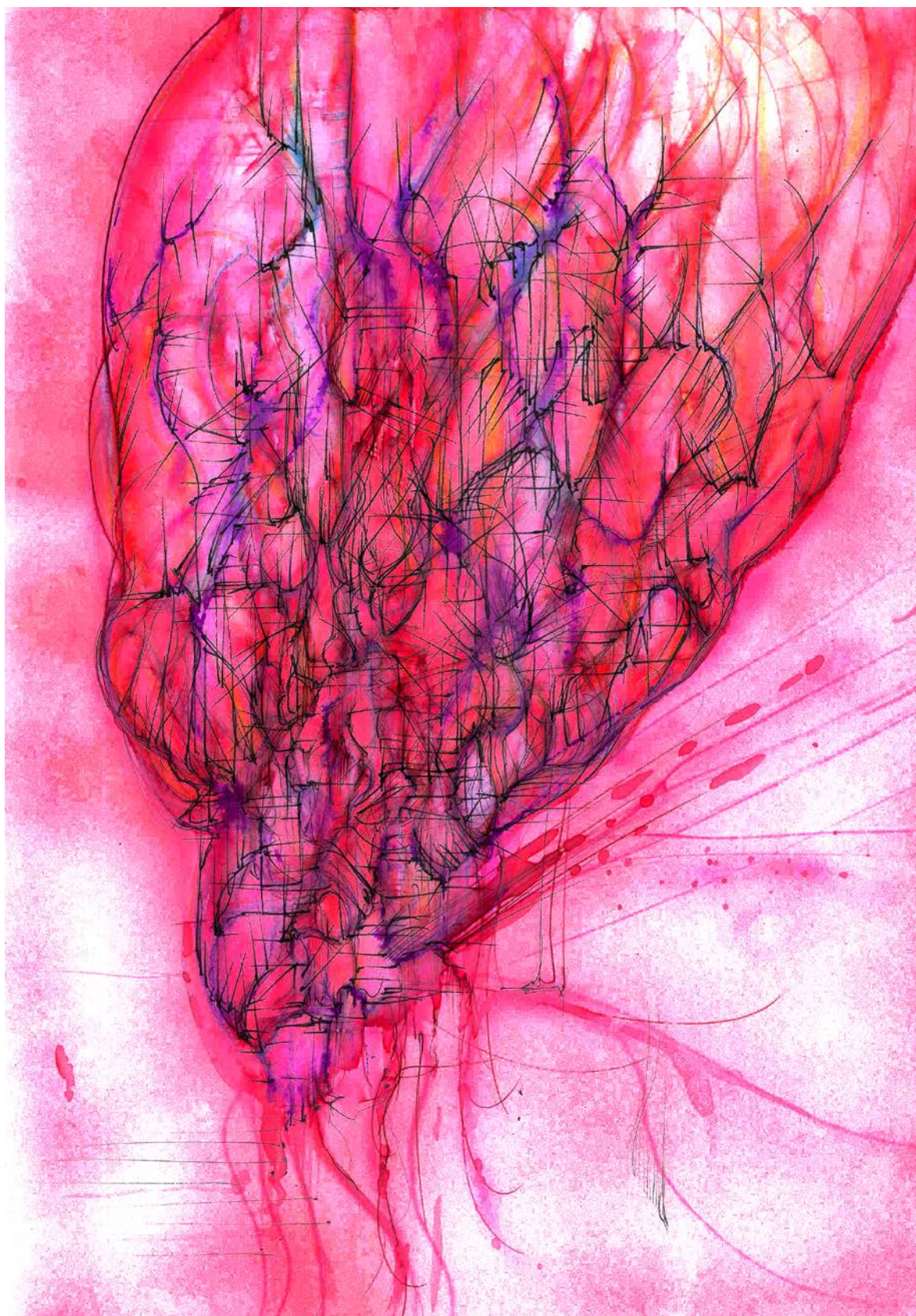
AGRADECIMIENTOS

Doy las gracias a Jaime Buy Villavicencio por llevarme a Amatzcalli.

R E F E R E N C I A S

- Hernández A, Estela FA y Chacón de Ulloa P (2010). ¿Es *Sayornis nigricans* (Aves: Tyrannidae) un buen indicador de calidad ambiental en la Zona Urbana de Cali, Colombia? *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 34(132):373-380.
- Koch AJ, Munks SA, Driscoll DA and Kirkpatrick JB (2008). Does hollow occurrence vary with forest type? A case study in wet and dry *Eucalyptus obliqua* forest. *Forest Ecology and Management* 255(12):3938-3951.
- Lees AC, Rosenberg KV, Ruiz-Gutierrez V, Marsden S, Schulenberg TS and Rodewald AD (2020). A roadmap to identifying and filling shortfalls in Neotropical ornithology. *The Auk: Ornithological Advances* 137:ukaa048.
- Medina-Estrada J, Remolina-Figueroa D, Ramírez-Bastida P and Vázquez-Reyes LD (2022). Nesting resources availability for cavity adopter birds in a tropical dry forest of Central Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93:e933836.
- Monterrubio-Rico TC and Escalante-Pliego P (2006). Richness, distribution and conservation status of cavity nesting birds in Mexico. *Biological Conservation* 128:67-78.
- Peñaranda-Barrios EM y Linneo-Foronda II (2021). Nidificación de *Sayornis nigricans* (Aves: Tyrannidae) en la microcuenca Cañón Verde, subandino sur de Bolivia. *Kempffiana* 17(2):30-39.
- Soares L, Cockle KL, Ruelas Inzunza E *et al.* (2023). Neotropical ornithology: Reckoning with historical assumptions, removing systemic barriers, and reimagining the future. *Ornithological Applications* 125:duac046.
- Vega y Ortega RA (2016). Ciencia y ambiente en la aclimatación del eucalipto en el Valle de México a través de la prensa, 1869-1880. *Historia y Sociedad* 30:237-264.
- Wolf BO (2020). Black Phoebe (*Sayornis nigricans*), vers. 1.0. In Poole, A.F. & Gill, F.B. (eds.) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology. Consultado el 11 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.2173/bow.blkpho.01>.
- Wormington KR and Lamb D (1999). Tree hollow development in wet and dry sclerophyll eucalypt forest in south-east Queensland, Australia. *Australian Forestry* 62(4):336-345.

José Antonio González Oreja
Facultad de Ciencias Biológicas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
jgonzorj@hotmail.com



© Héctor Salazar. Brx techo dm3. A3, 29.7 x 42 cm, paper, precision pen, ink, airbrush, 2023.

Colibrí tijereta mexicano, ¿símbolo de conservación?

Fernando **González-García**
Juan Francisco **Ornelas**
Diego **Santiago Alarcón**

El estudio de los colibríes y las plantas de las que obtienen néctar se ha utilizado como modelo para examinar procesos ecológicos y evolutivos debido a su dependencia mutua. Los colibríes, con más de 338 especies, exhiben una variedad de características que incluyen forma y tamaño corporal, tamaño y curvatura de los picos, así como diferentes modos de vuelo y comportamientos para obtener néctar de más de 1,000 especies de plantas. Su distribución geográfica también varía, desde especies con un rango de distribución limitado hasta aquellas con distribución continental.

Al construir redes de interacciones planta-polinizador, podemos comprender el grado de especialización de los colibríes hacia ciertas especies de plantas y evaluar la resistencia de estas redes de interacciones ante la extinción de alguna de ellas. A nivel continental, se ha observado que a mayor especialización de las comunidades de colibríes hacia las plantas de las que obtienen néctar, mayor es el número de especies de colibríes con rangos de distribución pequeños. Esto sugiere que la estabilidad climática a lo largo de períodos prolongados puede ser la causa de la alta especialización de los colibríes con distribución restringida. Como resultado, las comunidades de especies de colibríes con rangos de

distribución restringida son más vulnerables a los cambios ambientales (Sone *et al.*, 2016).

En México hay alrededor de 58 especies de colibríes. Algunas de estas especies tienen una distribución marginal en el país debido a su distribución más al norte en términos latitudinales. Otras especies tienen un rango de distribución amplio, y se encuentran en los bosques templados de México. Sin embargo, también hay especies con una distribución geográfica muy restringida. Aunque no se cuenta con datos sobre el tamaño de las poblaciones de las especies de colibríes con distribución restringida, la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) considera que el tamaño de las poblaciones de diversos colibríes está disminuyendo y las categoriza como amenazadas o vulnerables. Al tener un rango de distribución más pequeño, estas especies suelen ser más exigentes en cuanto a los recursos que consumen, lo que las hace más vulnerables a la destrucción del hábitat o a las interrupciones en su dieta especializada causadas por el cambio climático. Es fundamental implementar estrategias de conservación dirigidas a proteger y restaurar los hábitats clave para estas especies, así como abordar los factores que contribuyen a su declive poblacional.

LA HISTORIA DE DORICHA ELIZA

El colibrí tijereta mexicano (Figura 1), también conocido como colibrí cola hendida o colibrí de Elisa, es una especie de colibrí residente en México. Fue descrito por René Primevère Lesson, un cirujano, botánico y naturalista francés, junto con el ornitólogo Adolphe Delattre, en 1839. Se le dio el nombre binomial de *Doricha eliza*, siendo “Doricha” referencia a una famosa cortesana griega o hetaira, y “eliza” en honor a Élise Lefèvre, esposa del zoólogo francés Amédée Lefèvre (Jobling, 2010). A nivel global, el colibrí tijereta mexicano está categorizado como “casi amenazado”, pero a nivel nacional se encuentra en peligro de extinción debido a varios

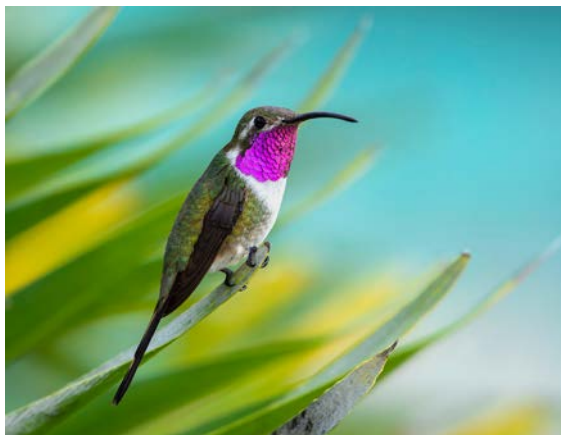


Figura 1. Un macho del colibrí tijereta mexicano posado en un agave. Foto: Rosa Inés Aguilar.

factores y amenazas. Estos incluyen un tamaño de población reducido, estimado en alrededor de 2,500 individuos, así como la destrucción de su hábitat debido a la transformación de áreas de reproducción en zonas urbanas y áreas de cultivo, principalmente de limón, chile y caña de azúcar (BirdLife International, 2021).

Esta especie de colibrí ha sido reportada en dos áreas de distribución disyuntas. Una se encuentra en la región central de Veracruz y la otra en la

Figura 2. Una hembra del colibrí tijereta mexicano posada en un agave. Foto: Gilberto Cortés.





Figura 3. Paisaje que ilustra el hábitat de sabana del colibrí tijereta mexicano en los alrededores de Miradores del Mar, Veracruz. Foto: Fernando González-García.

parte norte de la costa de la península de Yucatán a una distancia de aproximadamente 900 km. Se registró por primera vez en las cercanías de Xalapa, Veracruz, posiblemente a unos 8 km al noreste de la ciudad, antes de 1829, y fue reportado en 1839. También se ha registrado en Yucatán, según las colectas de G. F. Gauner en 1890. Varios naturalistas de la época lo registraron cerca de Xalapa, Veracruz, y en Llano de Camarones, cerca de la ciudad de Veracruz (Loetscher, 1941). Además, fue avistado en Jesús Carranza, Veracruz, en 1937. En 1939, se colectó un ejemplar a 8 km al este de Xalapa (especimen MLZ 22897: Moore Lab. Of Zoology, Occidental College, Los Angeles, colectado por C. C. Lamb). Entre 1963 y 1971 se observaron dos individuos en Veracruz, aunque no se conoce el sitio exacto de los avistamientos. La mayoría

(77 %) de los especímenes conocidos de esta especie en colecciones ornitológicas provienen de Yucatán (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002).

El colibrí tijereta mexicano habita principalmente en pastizales naturales, selvas bajas caducifolias, matorrales áridos, zonas abiertas, ecotonos de selva y manglares, zonas de cultivo como limonares, tomates y cañaverales, así como en acahuales y potreros dominados por árboles del género *Acacia* (huizachales). También se le puede encontrar en jardines y huertos familiares, tanto en áreas rurales como urbanas en su actual distribución. Tanto los adultos como los jóvenes se alimentan del néctar de varias especies de plantas (Tabla 1) y complementan su dieta con pequeños artrópodos (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011; Medina-van Berkum *et al.*, 2016).

LA HISTORIA NATURAL DE DORICHA ELIZA

En la zona central de Veracruz, el colibrí tijereta mexicano se encuentra desde la costa hasta altitudes de 1,200 a 1,400 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se ha registrado en varias localidades costeras, como Rincón de la Palma y Playa Salinas en el sur de su distribución, hasta Playa El Viejón en el norte. Hacia el oeste y suroeste se ha observado en el Espinal Naolinco, Tuzamapan, Jalcomulco y Colonia Francisco Barrios. Los municipios de Emiliano Zapata y Xalapa son áreas donde se ha reportado con mayor frecuencia. La época reproductiva de

Figura 4. Un par de polluelos del colibrí tijereta mexicano de pocos días de nacidos. Foto: Fernando González-García.



Familia	Especie	Nombre común	Estado
Acanthaceae	<i>Dicliptera sexangularis</i>	Pensamiento	Yucatán
	<i>Justicia sp.</i>	-----	Yucatán
Asparagaceae	<i>Agave angustifolia</i>	Agave	Yucatán
Bromeliaceae	<i>Tillandsia limbata</i>	Bromelia	Veracruz
	<i>Tillandsia sp.</i>	Bromelia	Veracruz
Cactaceae	<i>Opuntia dejecta</i>	Lengua de vaca	Veracruz
	<i>Stenocereus griseus</i>	Mezcalito	Veracruz
	<i>Nopalea dejecta</i>	Nopal	Veracruz
Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>	-----	Yucatán
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus multilobus</i>	Mala mujer	Veracruz
	<i>Cordia sebestena</i>	Anacahuite	Yucatán
Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>	Dormilona grande	Veracruz
	<i>Erythrina americana</i>	Colorín o gasparito	Veracruz
	<i>Delonix regia</i>	Framboyán	Veracruz
	<i>Bauhinia monandra</i>	Orquídea de Árbol	Veracruz
	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Frijol violeta	Veracruz
	<i>Inga vera</i>	Jinicuile, Chalahuite	Veracruz
Lamiaceae	<i>Salvia purpurea</i>	-----	Veracruz
	<i>Salvia coccinea</i>	Flor de Jericó	Veracruz
	<i>Plectranthus (Coleus) amboinicus</i>	Orégano orejón	Veracruz
Malvaceae	<i>Triumfetta speciosa</i>	-----	Veracruz
	<i>Helicteres guazumifolia</i>	Barrenillo	Veracruz
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Manzanita	Veracruz Yucatán
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea sp.</i>	Bugambilia	Veracruz
Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Veracruz
	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Yucatán
	<i>Ernodea littoralis</i>	Enredadera de Haya	Veracruz
Solanaceae	<i>Solanum houstonii</i>	Berenjena espinosa	



Figura 5. Un espécimen juvenil del colibrí tijereta mexicano que recién abandonó el nido. Foto: Fernando González-García.



Figura 6. Una hembra del colibrí tijereta mexicano forrajeando en flores de una cactácea (*Opuntia dejecta*) en Laguna del Castillo, Veracruz. Foto: Oscar Ortega Gómez.

esta especie abarca de mayo a septiembre, aunque en la península de Yucatán parece ser más prolongada: desde marzo hasta noviembre (Santamaría-Rivero *et al.*, 2013). Los lugares de anidación se encuentran a elevaciones superiores a los 800 msnm. Durante la reproducción, el colibrí tijereta mexicano anida en diferentes especies de plantas, como *Solanum houstonii* (Solanaceae), *Mimosa albidula* (Fabaceae), *Calea urticifolia* (Asteraceae), *Acacia farnesiana* (Fabaceae) y en palmas. Las plantas de *Solanum*, *Mimosa* y *Acacia*, que tienen espinas, parecen ser las preferidas para la anidación (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011). Los nidos se construyen cerca de cuerpos de agua, caminos y a veces en grupos, a menos de 2 metros de altura. Por lo general, los nidos tienen forma de pequeñas copas y están hechos de telarañas y material vegetal como hojas, ramitas delgadas, semillas y fibras blancas de pastos. También utilizan algodón. En Yucatán anidan en árboles como guamúchil, higuera, guaje, mangle blanco y en estructuras urbanas como hamaqueros y portones (Santamaría-Rivero *et al.*, 2013; Soberanes-González y Schulenberg, 2020).

Durante la temporada de reproducción, las hembras construyen el nido, incuban los huevos y cuidan de los polluelos. Por otro lado, los machos se dedican a buscar y defender los territorios de anidación. Dentro de estas áreas, los nidos pueden estar relativamente cerca uno de otro y los machos los visitan regularmente.

Durante estas visitas, los machos realizan comportamientos de exhibición frente a las hembras en los nidos, como una especie de danza pendular y vuelos verticales elevados, llegando a elevarse hasta 30 metros para luego descender rápidamente cerca del nido en un vuelo en forma de “misil” (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011; Soberanes-González y Schulenberg, 2020). Los polluelos son alimentados por las hembras algunos días después de abandonar el nido, aunque la duración exacta de este período se desconoce.

¿UN SÍMBOLO DE CONSERVACIÓN EN VERACRUZ?

Estudios moleculares recientes indican que las poblaciones de colibrí *Doricha eliza* que están aisladas entre Veracruz y Yucatán son genéticamente distintas. El flujo genético entre las dos poblaciones es muy limitado, lo que ha llevado a marcadas diferencias genéticas y morfológicas entre los individuos de ambas regiones. Lo anterior también está relacionado con las diferencias climáticas entre regiones y su probable aislamiento durante los últimos 120,000 años (Licona-Vera y Ornelas, 2014).

Estas diferencias podrían sugerir que las dos poblaciones son especies diferentes, lo que podría considerarse como dos especies endémicas, una en Veracruz y otra en Yucatán.

Sin embargo, se requiere un estudio detallado de la historia natural, los recursos florales, el comportamiento reproductivo y las posibles diferencias en los despliegues nupciales, vocalizaciones y sonidos producidos durante los despliegues por parte de los machos, para confirmar su estatus como especies diferentes.

Hasta la fecha, se considera que las poblaciones en Veracruz son vulnerables a la extinción. Se ha propuesto que se les otorgue una categoría de vulnerabilidad estatal alta, equivalente a la categoría de Peligro de Extinción según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-2010. Los pastizales naturales de la región central de Veracruz son fundamentales para la anidación del colibrí tijereta mexicano y, por lo tanto, para su supervivencia a largo plazo. Sin embargo, estos pastizales están en peligro de desaparecer debido a la conversión continua a áreas de cultivo, potreros y desarrollo urbano. La preservación a largo plazo de estos pastizales naturales es de vital importancia para la conservación de esta especie de colibrí.

Aunque el colibrí tijereta mexicano puede tolerar cierta alteración de su hábitat y hacer uso de áreas con vegetación estructurada, el cambio completo en el uso del suelo puede afectar su supervivencia a largo plazo al impactar los sitios de anidación y alimentación. Sería recomendable realizar un estudio sobre los posibles efectos del cambio de uso del suelo, como cultivos, desarrollo urbano y pastoreo, para ayudar en la formulación de estrategias de conservación y la toma de decisiones de manejo, especialmente en los municipios con mayor número de registros de presencia del colibrí tijereta mexicano.

Es importante destinar áreas de conservación que promuevan la presencia de plantas nativas utilizadas por esta especie para alimentarse y anidar.

La designación de áreas de conservación con una matriz heterogénea de vegetación, como sabanas, selvas bajas y vegetación secundaria, sería altamente deseable. En Yucatán, existen cuatro reservas (Reserva de la Biosfera Ría Lagartos,

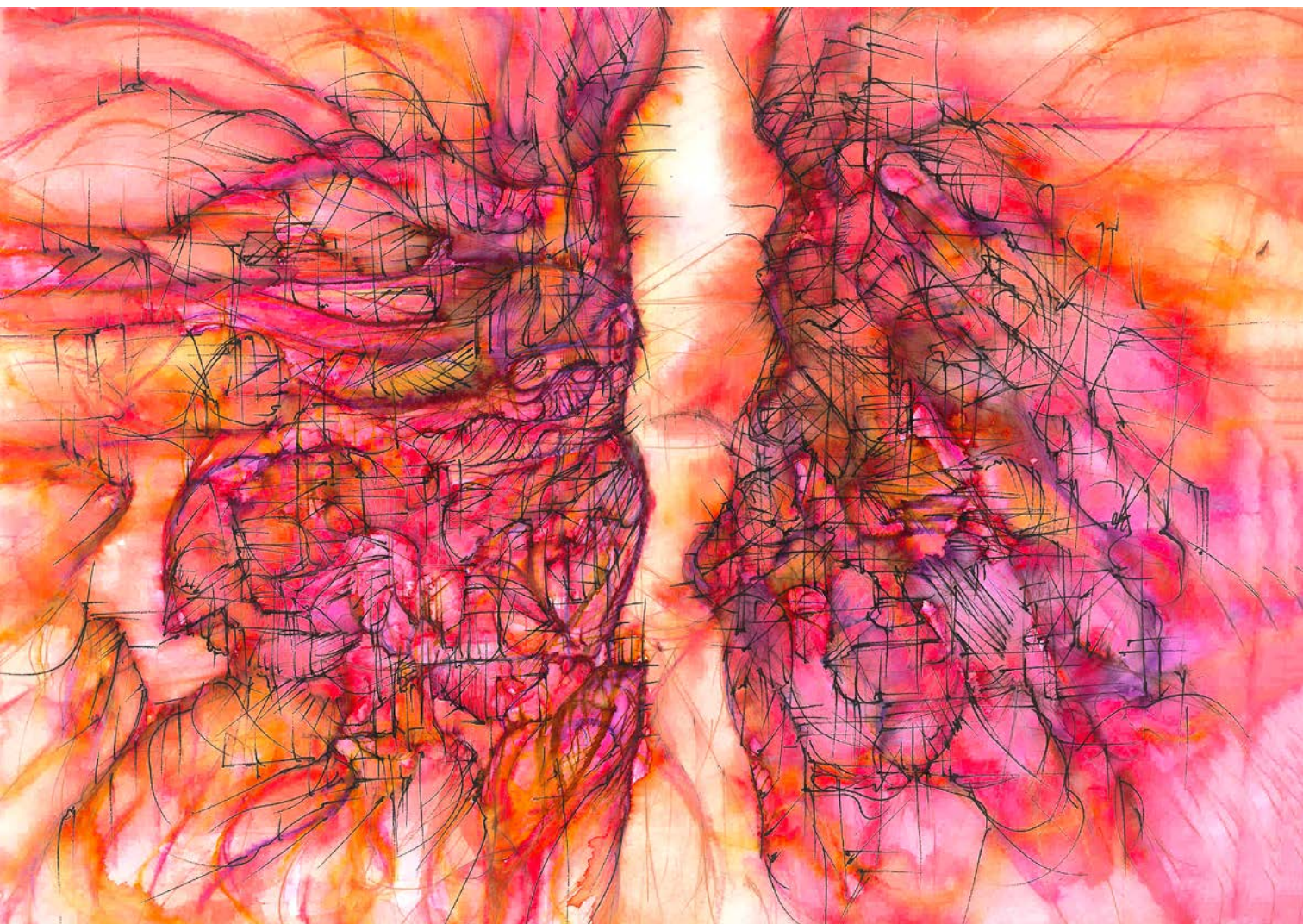
Reserva Estatal de Dzilam de Bravo, Reserva Zona Sujeta a Conservación Ecológica El Palmar, Reserva de la Biosfera Ría Celestún) que protegen al colibrí tijereta mexicano (Ortiz-Pulido *et al.*, 2022; Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011); mientras que, en Veracruz, aparte de algunas áreas privadas de conservación, como la Reserva Natural Xocotitla en Paso de Ovejas, el Centro de Investigaciones Costeras La Mancha y la Reserva Ecológica Cansaburro, en Actopan, se requiere una mayor atención y esfuerzos de conservación.

Se estima que entre el 15 % y el 49 % de la población de esta especie se ha perdido en el último siglo debido a la pérdida de hábitat. La conservación de las poblaciones del colibrí tijereta mexicano en Veracruz, especialmente en áreas que están experimentando una transformación severa, podría convertirse en un hito para la conservación de la biodiversidad en el estado, donde su distribución es mucho más restringida que en la península de Yucatán (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002).

En resumen, la conservación a largo plazo del colibrí tijereta mexicano requiere la protección de los pastizales naturales, la identificación de áreas de conservación adecuadas, la comprensión de las diferencias genéticas y morfológicas entre las poblaciones, y la implementación de estrategias de manejo y conservación que promuevan la presencia de plantas nativas utilizadas por esta especie. Esto ayudará a salvaguardar a este pequeño colibrí y asegurar su supervivencia en el futuro.

REFERENCIAS

- BirdLife International. 2021. Doricha eliza. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T22688175A178592944. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T22688175A178592944.en>.
- Díaz-Valenzuela R, Lara-Rodríguez NZ, Ortiz-Pulido R, González-García F and Ramírez Bautista A (2011). Some aspects of the reproductive biology of the Mexican Sheartail (Doricha eliza) in Central Veracruz. Condor 113:177-182.
- Jobling JA (2010). Helm Dictionary of Scientific Bird Names. Christopher Helm and A & C Black Publishers, Ltd, London.
- Licona-Vera Y and Ornelas JF (2014). Genetic, ecological and morphological divergence between populations of the endangered Mexican Sheartail Hummingbird (Doricha eliza). PLoS ONE 9 (7):e101870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101870>.



© **Héctor Salazar**. Brx techo dm. A3, 29.7 x 42 cm, paper, precision pen, ink, airbrush, 2023.

Loetscher FW (1941). Ornithology of the Mexican state of Veracruz, with annotated list of birds. PhD. Thesis. Cornell University. Cornell, Ithaca, USA. 989 pp.

Medina-van Berkum P, Parra-Tabla VP y Leirana-Alcocer J (2016). Recursos florales y colibríes durante la época seca en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. Huitzil 17:244-250.

Ortiz-Pulido R, Peterson AT, Robbins B, Díaz R, Navarro AG and Escalona-Segura G (2002). The Mexican Sheartail (*Doricha eliza*): morphology, behavior, distribution, and endangered status. Wilson Bulletin 114:153-160.

Santamaría-Rivero W, Mackinnon B y Leyequién E (2013). Registros de anidación del colibrí tijereta mexicano (*Doricha eliza*) en el estado de Yucatán, México. Huitzil 14:139-145.

Soberanes-González CA and Schulenberg TS (2020). Mexican Shear-tail (*Doricha eliza*), version 1.0. En Schulenberg TS (Ed.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Recuperado de: <https://doi.org/10.2173/bow.mexshe1.01>.

Sonne J, Martín Gonzále AM, Maruyama PK et al. (2016). High proportion of smaller-ranged hummingbird species coincides with ecological specialization across the Americas. *Proceedings of the Royal Society B* 283:20152512.

Fernando González-García
Red Biología y Conservación de Vertebrados
Instituto de Ecología, A. C.
fernando.gonzalez@inecol.mx

Juan Francisco Ornelas
Red Biología Evolutiva
Instituto de Ecología, A. C.

Diego Santiago Alarcón
Department of Integrative Biology
University of South Florida



© Héctor Salazar. Brx techo dm2. A3, 29.7 x 42 cm, paper, precision pen, ink, airbrush, 2023.

Las plantas que superan los límites ambientales

Aarón René **Casanova Domínguez**
José Luis **Andrade**

Las plantas terrestres son organismos conocidos en todo el mundo por sus diversas formas de vida (hierbas, arbustos, árboles), por su uso (plantas medicinales, comestibles, ornamentales) e incluso son símbolos o emblemas (árboles de navidad, agaves mezcaleros, flor nacional, escudo nacional). Son la base de la vida y se encuentran en casi todos los rincones del planeta. Como cualquier ser vivo, tienen limitaciones, pero existen plantas que constantemente superan esos límites. Exploraremos parte del origen de estas limitaciones y hablaremos de cómo algunas plantas (muchas de ellas mexicanas) les han dado la vuelta y utilizan los límites a su favor.

EL BRILLO DEL SOL

Todo comienza con la estrella que vemos a diario. El sol emite energía en forma de radiación electromagnética debido a reacciones de fusión que se llevan a cabo en su núcleo.

Nosotros percibimos la radiación solar en su mayor parte como luz visible (longitud de onda corta). El arcoíris y el emblemático experimento de la luz pasando a través del prisma son prueba de la existencia de diferentes colores y distintas longitudes de onda dentro de la luz visible. Las plantas también reciben radiación del Sol, pero a

diferencia de nosotros y de otros animales, ellas no pueden moverse de donde nacen. De esta forma, la luz para las plantas es fundamental.

INGENIERÍA VEGETAL: LUZ “COMESTIBLE”

Y EL VALOR DE LO VERDE

Las plantas, al no poder moverse para buscar alimento y además recibir radiación solar la mayor parte del día, tienen un problema complejo que han solucionado de forma brillante. Al ser sésiles, se han adaptado para alimentarse utilizando lo que hay a la mano y en abundancia, la luz. Así, junto con un gas como el dióxido de carbono (CO_2) y el agua, las plantas producen su alimento mediante el proceso de la fotosíntesis. En pocas palabras, utilizan la luz visible como fuente de energía y convierten materia inorgánica en materia orgánica, rompiendo un límite entre dos mundos.

Alimentarse de la luz no sería posible sin unos orgánulos presentes en las células de las hojas de las plantas, llamados cloroplastos, dentro de los cuales se llevan a cabo los procesos de la fotosíntesis. Sin embargo, los cloroplastos absorben principalmente luz de los colores azul y rojo, mediante la clorofila, y es por esto por lo que las hojas de las plantas son verdes (Fernández Nava R., 2013), que es el color con la longitud de onda que no absorben.

Hasta este punto se podría pensar que una planta, aun teniendo agua y nutrientes minerales esenciales, no puede sobrevivir sin luz. Veamos cómo se han adaptado para solucionar esto.

LA MAQUINARIA DE LA FOTOSÍNTESIS

La fotosíntesis engloba una serie de procesos dignos de superar a un reloj suizo; estos se dividen en dos grupos: reacciones dependientes de la luz y un ciclo bioquímico conocido como el ciclo de Calvin. En el primer grupo es donde las hojas absorben la luz y la transforman en energía química. En el segundo, los poros de las hojas, llamados estomas, permiten el ingreso del CO_2 , el cual se absorbe y, como consecuencia, se pierde agua de las hojas a

la atmósfera. Para atrapar el CO_2 es necesaria una enzima que se encuentra en los cloroplastos, conocida como “rubisco” (técnicamente, ribulosa-1,5-difosfato carboxilasa oxigenasa) y que reacciona con el CO_2 y produce carbohidratos mediante el ciclo de Calvin y los productos de las reacciones dependientes de la luz (ATP y poder reductor).

Lo ideal para la fotosíntesis es que haya cierta cantidad de luz y agua en el medio, pues más luz no significa más fotosíntesis; es decir, la fotosíntesis se satura con un exceso de luz. Además, rubisco pierde eficiencia con temperaturas altas, entre 35 y 40 °C (Jordan y Ogren, 1984), y arriba de los 45 °C se inactiva (Crafts-Brandner y Salvucci, 2000). Pero entonces ¿qué pasa con las plantas desérticas o las plantas que reciben alta cantidad de radiación durante tiempos prolongados? Por el contrario, ¿qué pasa con la fotosíntesis en sitios cubiertos por doseles de árboles en la selva, donde la luz es escasa, pero existe vegetación?

HOJAS GRANDES, HOJAS PEQUEÑAS

Cuando la luz escasea, las plantas tienen un truco: modificaciones en la morfología de sus hojas. Con poca luz, hay que maximizar la cantidad de esta que se atrapa con hojas grandes y horizontales. Por otro lado, con luz excesiva, las plantas tienen hojas más pequeñas o, en algunos casos, prescinden de ellas ya que pueden significar una importante pérdida de agua. En este último caso, algunas plantas desarrollan tallos con tejido fotosintético, como la mayoría de las cactáceas; con esto superan los límites impuestos por la pérdida de agua.

HOJAS SUCULENTAS

Hay hojas de plantas de sitios secos que almacenan agua y se tornan gruesas. De esta manera estas hojas pueden seguir realizando fotosíntesis aun cuando no haya agua en el medio (Andrade *et al.*, 2007). Algunas epífitas (plantas que habitan en las copas de los árboles) tienen hojas suculentas y otras tienen hojas en forma de roseta que crean un tanque para la captación de agua de lluvia, pero



Figura 1. Tallos suculentos de plantas ornamentales del género *Beaucarnea* y *Pachypodium* en un jardín botánico (con licencia de Adobe Stock).

también está documentado que algunas bromeliáceas epífitas pueden atrapar otra agua atmosférica, como el rocío o la niebla (Flores, Briones y Andrade, 2022). Algunas especies de epífitas no parecen presentar límites cuando las vemos crecer sobre los cables de luz en algunas poblaciones (Figura 1).

Otras plantas poseen tallos suculentos que contribuyen a retener agua durante un tiempo mayor. Un ejemplo muy conocido es la planta ornamental “pata de elefante”, del género *Beaucarnea*, con varias especies en peligro por extracción de plantas y semillas de los sitios secos donde habitan (Figura 2). Además, el agua tiene una función de

Figura 2. Especie de epífita del género *Tillandsia* sobre cables de electricidad. Nótese todas las pequeñas estructuras que sobresalen, las cuales son frutos que ya han dispersado las semillas. Esto indica que estas plantas, también llamadas claveles del aire, completan todo su ciclo de vida en esos sitios (con licencia de Adobe Stock).



sostén biomecánico. Esto se puede comprobar al observarlo en muchas hojas de plantas herbáceas que se marchitan y se arrugan cuando pierden mucha agua por transpiración.

NO IMPORTA EL PROCEDIMIENTO, SINO EL RESULTADO

Algunas plantas han modificado parte de su procedimiento fotosintético para sobrevivir en condiciones difíciles. La fotosíntesis más común es la C3, o ciclo que inicia con productos de 3 carbonos (ciclo de Calvin), de la cual ya hemos hablado. Sin embargo, cuando las plantas reciben mucha radiación, altas temperaturas y poca agua, existe la fotosíntesis C4 (productos de 4 carbonos) que, para ocurrir, requiere de una anatomía foliar especial y de otra enzima, la PEP-carboxilasa, que es más afín al CO_2 y con una temperatura óptima mayor que la de rubisco. Esto hace que el CO_2 se concentre en ciertas células como moléculas orgánicas de 4 carbonos y estas moléculas se trasladan a otro tipo de células donde aportan el CO_2 secuestrado a la rubisco en los cloroplastos. Las plantas C4 son muy productivas y eficientes en el uso del agua. Ejemplos de plantas C4 que todos conocemos son el maíz, la caña de azúcar y el amaranto.

En ambientes con mucha radiación, altas temperaturas y donde el agua es mucho más limitante, se presenta en algunas plantas una fotosíntesis especial llamada CAM (o metabolismo ácido de las crasuláceas).

En esta fotosíntesis se dividen los procesos de forma temporal. Las plantas CAM fijan el CO_2 durante la noche, cuando las temperaturas del aire son más bajas y, por tanto, hay menos pérdida de agua por los estomas. El CO_2 se fija en forma de un ácido orgánico (generalmente ácido málico) y para ello también requiere de la enzima PEP carboxilasa; este ácido se almacena en vacuolas de las células. Después, durante el día, con los estomas cerrados, las plantas CAM absorben la luz y los ácidos orgánicos salen de las vacuolas y suministran el CO_2 en los cloroplastos para el ciclo de Calvin (Andrade *et al.*, 2007; Geydan



Figura 3. Cactáceas de México y el escudo nacional de México que muestra una especie de opuntia donde se posa el águila. Fotografías tomadas en el jardín botánico El Charco del Ingenio, Guanajuato (fotografías del segundo autor; escudo nacional con licencia de Adobe Stock).



Figura 4. Plantas en ambiente urbano en Mérida, Yucatán. Árbol en una acera, cactácea junto a un muro de concreto, y árboles creciendo en un mar de asfalto en el estacionamiento de un centro comercial (fotografías del segundo autor).

y Melgarejo, 2005; Magos López, 2016). Estas plantas son las más eficientes en el uso del agua. Emblemas nacionales como los agaves y los cactus son ejemplos de plantas con fotosíntesis CAM (Figura 3).

Sin embargo, hay varias especies CAM menos conspicuas, como las epífitas de bosques secos que mencionamos anteriormente, las cuales son ultraeficientes para maximizar los recursos.

OTRAS PLANTAS SIN LÍMITES

Aquí tenemos que hacer la reflexión de que, aunque aparentemente estas plantas no tienen límites, sí pueden llegar a presentar límites en alguna etapa de su vida (por ejemplo, en sus etapas juveniles) o si las colocamos en situaciones que no corresponden a

su naturaleza. Por ejemplo, en las grandes ciudades ponemos plantas en sitios que no reúnen las condiciones de aquellos en los que crecen naturalmente: plantas que requieren sol en interiores, plantas de sombra en exteriores o en sitios estrechos o cerca de superficies que se calientan en exceso como el asfalto, o que reflejan la radiación como el concreto (Figura 4).

Plantas en estas situaciones no solo sufren estrés, sino que pueden causar accidentes o deterioro de las edificaciones.

Hay otras plantas sin límites menos conspicuas que crecen en las ciudades naturalmente y a veces apenas nos percatamos de ellas. Son llamadas arvenses o malezas, y tienen un ciclo de vida corto, pero pueden llegar a ser muy importantes para la biodiversidad urbana (Figura 5; Leopardi Verde y Cuevas Anguiano, 2018).



Figura 5. *Polygonum capitatum* (ahora *Persicaria capitata*) sobre una acera de la ciudad de Antigua, Guatemala (fotografía del segundo autor). Especie originaria de Asia y expandida por todo el mundo en ciudades y otras localidades con altitudes mayores a los 1,500 msnm.

Ciertamente, las condiciones en las ciudades pueden ser beneficiosas para ciertas especies al grado de no tener que invertir tanto en defensas contra herbívoros, como ha sido demostrado en un estudio con el trébol blanco en 160 ciudades del mundo (Santangelo *et al.*, 2022).

Finalmente, por acciones humanas se transportan especies de plantas de una región a otra, muchas veces a lugares donde encuentran condiciones para un crecimiento acelerado, porque no hay quien se las coma o las ataque. Estas son las llamadas plantas invasoras, y hay muchos ejemplos de las calamidades que provocan, como el caso de algunas especies de opuntia en Australia (ver <https://www.nma.gov.au/defining-moments/resources/prickly-pear-eradication>).

CONCLUSIÓN

Hemos visto que muchas especies de plantas pueden superar límites físicos, bioquímicos e incluso temporales. Y es esa capacidad implícita de superarse constantemente la que llama mucho la atención; las plantas suelen tener un truco, solución o

adaptación. En un planeta sin humanos las plantas florecerían sin problemas, y en los sitios secos las plantas CAM podrían fácilmente dominar.

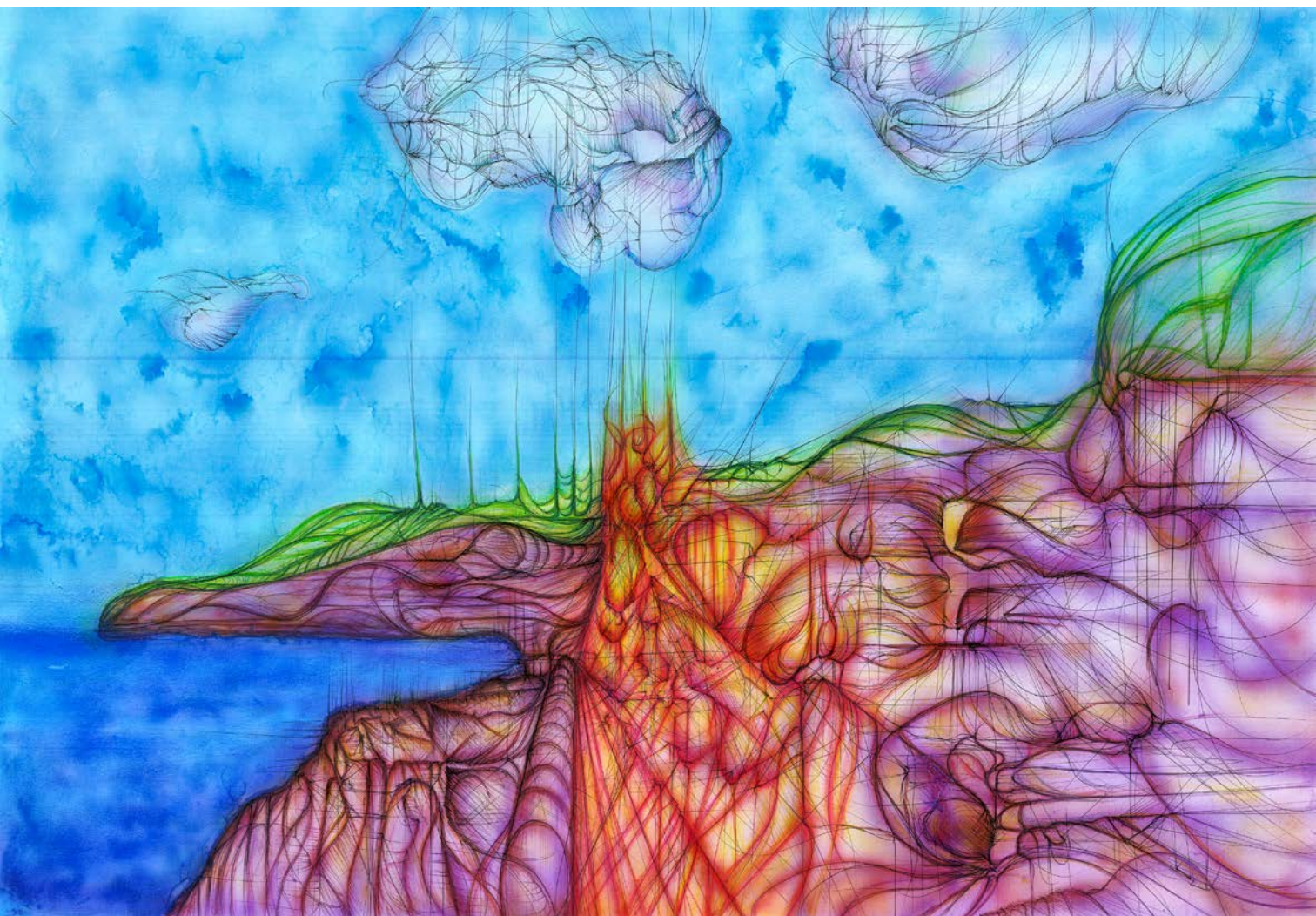
Las plantas son la primera fuente de carbono del planeta, alojan biodiversidad, tienen asociaciones simbióticas, tienen propiedades medicinales y antivirales (por lo que representan un amplio campo de estudio), son elementos importantes en el arbolado de las ciudades para mitigar las islas de calor y proporcionan placer y tranquilidad a los humanos. Es fundamental aprender de ellas.

AGRADECIMIENTOS

A Fabiola Cardeña, Mar Pérez y Julio Salas por la revisión de textos previos.

R E F E R E N C I A S

Andrade JL, de la Barrera E, Reyes-García C, Ricalde MF, Vargas-Soto G y Cervera JC (2007). El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81:37-50. <https://doi.org/10.17129/botsci.1764>.



© **Héctor Salazar**. 1p-lsd-thc-20 ug-quemada-memoria-mar, 70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, airbrush, marker, 2023.

Crafts-Brandner SJ and Salvucci ME (2000) Rubisco activase constrains the photosynthetic potential of leaves at high temperature and CO_2 . *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97:13430-13435. <https://doi.org/10.1073/pnas.230451497>.

Fernández Nava R (2013). ¿Por qué la mayoría de las plantas son verdes? *Saber Más* 9:9-12. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/68-numero-9/136-ipor-que-la-mayoria-de-las-plantas-son-verdes.html>.

Flores J, Briones O and Andrade JL (2022). Physiological ecology of Mexican CAM plants: history, progress, and opportunities. *Botanical Sciences* 100(SPE):290-324. <https://doi.org/10.17129/botsci.3107>.

Geydan T y Melgarejo L (2005) Metabolismo ácido de las crasuláceas. *Acta Biológica Colombiana* 10:3-15. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v10n2/v10n2a01.pdf>.

Jordan DB and Ogren WL (1984) The CO_2/O_2 specificity of ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase: dependence on ribulosebiphosphate concentration, pH and temperature. *Planta* 161:308-313.

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00398720.pdf>.

Leopardi Verde CL y Cuevas Anguiano J (2018). Malezas, malas pero no tanto. *Desde el Herbario CICY* 10:263-267. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2018/2018-11-15-CLeopardi-Malezas-malas-pero-no-tanto.pdf.

Magos López N (2016). Las plantas del futuro (fotosíntesis CAM). Recuperado de: <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/plantasdelfuturo-fotosintesiscam/>.

Santangelo JS, Ness RW, Cohan B, Fitzpatrick CR, Innes SG, Koch S... and Lampei C (2022) Global urban environmental change drives adaptation in white clover. *Science* 375:1275-1281. <https://doi.org/10.1126/science.abk0989>.

Aarón René Casanova Domínguez
José Luis Andrade
Unidad de Recursos Naturales
Centro de Investigación Científica de Yucatán
andrade@cicy.mx

El bosque mesófilo de montaña y el cultivo de café en Xicotepec, Puebla, México

Aurelio **Colmenero Robles**
Imelda **Rosas Medina**

El bosque mesófilo de montaña (BMM), presente en México, se distribuye a manera de archipiélagos entre altitudes de 600 u 800 hasta 2,400 msnm. Por su carácter fisonómico corresponde a una vegetación arbórea densa que se distribuye sobre sustratos calizos, andesíticos o basálticos sobre laderas de pendiente pronunciada en montañas, barrancas y otros sitios protegidos, lo que constituye su hábitat más frecuente e inaccesible (Rzedoswki, 1978). Las condiciones ambientales son la persistente humedad y las constantes neblinas durante casi todo el año. La flora se compone de elementos tropicales y holárticos, formado por numerosas especies arbóreas las cuales pueden medir entre 20 y 30 m de alto y de follaje denso; por debajo de los individuos más altos se encuentran a menudo uno o dos estratos de árboles de menor tamaño que contribuyen a dar mayor cobertura al dosel del bosque, manteniendo la humedad en su interior.

La estructura y fisonomía del BMM es variable y cambia de un lugar a otro en función de diferencias de altitud, latitud, exposición, entre otros factores. Los géneros más importantes son: *Acer*, *Nissa*, *Magnolia*, *Liquidambar*, *Ulmus*, *Oreopanax*, *Clethra*, *Trichilia*, *Quercus* spp., entre otros. Las epífitas, principalmente del grupo de las orquídeas, bromeliáceas y helechos son muy abundantes, al igual

que las trepadoras no leñosas; en contraste con el estrato herbáceo, abundan los helechos arborescentes *Cyathea* sp. y *Alsophila* sp.; asimismo, el crecimiento de musgos sobre el suelo, rocas y cortezas de árboles.

SIERRA NORTE DE PUEBLA

La Sierra Norte ha sido caracterizada en tres regiones agroecológicas: a) La Sierra Norte Alta, que agrupa 17 municipios que en conjunto se extienden por una superficie total de 3,827 km² con rangos de altitudes de 260 msnm a 2,360 msnm, b) La Sierra Norte Media, que comprende 32 municipios con una superficie de 2,340 km² y altitudes entre 640 msnm y 2,100 msnm, y c) Sierra Norte Baja, constituida por 15 municipios con una superficie total de 2,547 km² y variantes altitudinales desde 120 msnm a 960 msnm.

La región de la Sierra Norte Media abarca parte de los principales municipios de Chila Honey, Huauchinango, Chincocuatla, Tepezintla, Cuatempan, Nochitlán, Nauzontla, Zongozontla, Huitzilán, Cuetzalan, Yoanahuac, Hueytamalco y Xicotepec. En la actualidad suele ser una gran región agroecológica por presentar un mosaico de cultivos (anuales y perennes) entre bosques perennifolios, bosques subperennifolios, bosque de pino-encino, bosque de encino y bosque mesófilo de montaña en fragmentos sobre laderas y cimas de sierras locales (CEICADAR, 1992).

EL MUNICIPIO DE XICOTEPEC

El municipio se localiza en la Sierra Norte Media entre los paralelos 20° 26' 12" al norte y 20° 14' 18" al sur, de latitud Norte, y entre los meridianos 97° 45' 00" al este y 98° 03' 06" al oeste, de longitud Oeste; con una altitud entre 180 y 1,780 msnm, colinda al norte con los municipios de Tlacuilotepec y Jalpan; al este con el municipio de Jalpan (Veracruz) y el municipio de Zihuateutla; al sur con los municipios de Zihuateutla, Juan Galindo y Huauchinango;

al oeste con los municipios de Huauchinango y Tlacuilotepec. En cuanto a la extensión territorial, el municipio abarca una superficie de 313.48 km², ubicándose en el lugar número 34 a nivel estatal (MX, 2018).

El territorio presenta un clima semicálido húmedo con lluvias casi todo el año; la precipitación total anual varía de 1,900 mm a 2,600 mm y la temperatura media anual oscila entre 16 °C y 26 °C. Presenta una amplia heterogeneidad topográfica a causa de múltiples barrancas y cerros contiguos (INEGI, 1995).

EL SECTOR AGRÍCOLA MUNICIPAL

En el municipio de Xicotepec el sector primario ha resultado ser el referente por la dinámica comercial a nivel local y regional. Los distintos productos agrícolas, pecuarios y forestales han generado plusvalía en beneficio de la economía municipal.

La producción agrícola incluye los siguientes cultivos: a) café cereza, b) plantas de ornato (floricultura), c) jengibre, d) maíz, e) macadamia, f) tomate, g) litchi, h) frijol, i) plátano, j) naranja, k) vainilla, l) cempasúchil, m) pimienta, y n) nochebuena. La venta de estos 14 productos, durante el periodo de 2015 a 2020, logró una rentabilidad económica de 1,239,839 pesos (MX, 2021).

LOS RECURSOS FORESTALES MUNICIPALES

La cobertura vegetal se clasifica en los siguientes tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña (BMM), bosque de galería (BG) y bosque tropical subperennifolio (BTS) (Rzedoswki, 1978).

El BMM presenta un estrato de talla mediana de entre 15 y 20 metros de altura compuesto por los elementos arbóreos de *Liquidambar styraciflua*, *Alchornea latifolia*, *Zinowiewia concinna*, *Quercus germana*, *Dendropanax arboreus*, *Morus celtidifolia*, *Oreopanax xalapensis*, *Robinsonella* sp., *Saurauia villora*, *Ulmus mexicana*, *Clethra mexicana*, *Carpinus caroliniana*, *Meliosma alba*, *Alnus acuminata*, *Quercus xalapensis* y *Turpinia occidentalis*, así como otras especies, entre las más destacadas: *Eugenia capuli*,



Figura 1. Helechos epífitos en la parte media del tronco.

Heliocarpus appendiculatus, *Magnolia schiedeana* y *Ostrya virginiana*. Los helechos arborescentes notables son *Cyathea fulva* y *Alsophila firma* (Romero, 2016). Entre los helechos epífitos predominan *Asplenium auriculatum*, *Elaphoglossum ellipticifolium*, *Elaphoglossum peltatum*, *Pecluma alfredii*, *Phlebodium areolatum*, *Pleopeltis crassinervata*, *Polypodium plesosorum*, *Polypodium loriceum*, *Polypodium plebeium*, *Niphidium crassifolium*, *Vittaria graminifolia*, entre otros (Figura 1) (Tzompa et al., 2022).

Las orquídeas notables son *Brassavola cucullata*, *Epidendrum radicans*, *Lycaste aromatica*, *Oncidium sphacelatum*, *Prosthechea cochleata* y *Stanhopea tigrina*. Las bromelias más frecuentes son *Tillandsia deppeana* y *T. filifolia* (notas de campo) (Figura 2).

LA DISTRIBUCIÓN DEL BMM

El área que ocupa el BMM está restringida a laderas y cimas en la parte central del territorio municipal. La mayor extensión se localiza en laderas, a manera de franja, a una altitud aproximada de entre 900 a 1,000 msnm y 1,200 a 1,300 msnm, inicia al poniente del poblado de Nactanca Chica hasta las inmediaciones de la ranchería de Chicopan.

Esta franja de bosque continúa en dirección sur por las laderas al occidente de los arroyos Nactanca y Magdalena, hasta las laderas del cerro Peña



Figura 2. Presencia de bromeliáceas.

Blanca. Un fragmento bien conservado se encuentra al oeste del poblado de Las Pilas.

Como característica particular, las laderas suelen encontrarse con 40 a 50 grados de pendiente. Un fragmento de BMM muy modificado por las actividades agrícolas se localiza al norte del poblado de San Agustín Atlihuacán.

LAS ACTIVIDADES PECUARIAS

El factor que más ha afectado al BMM es la agricultura sobre laderas, tan característica en algunas secciones del territorio municipal; esta actividad consiste en la secuencia de desmonte, incendio, siembra de maíz durante una o unas cuantas temporadas sucesivas y abandono.

El resultado de esta práctica afecta extensas superficies porque desaparece el bosque original. El área se convierte en un mosaico formado por comunidades vegetales secundarias arbustivas o arbóreas y en espacios abiertos con gramíneas para el pastoreo del ganado bovino y ovino (Figura 3).

EL CULTIVO DE CAFÉ

El cultivo de café se lleva a cabo en 55 municipios del estado de Puebla agrupados en tres regiones conocidas: Sierra Norte, Sierra Nororiental y Sierra Negra. Hasta el año 2011, el padrón cafetalero poblano había identificado a 46,745 cafeticultores, con 64,518 predios y una superficie de 67,136 hectáreas.

En este agroecosistema, como en la mayor parte de las zonas cafetaleras, el cultivar forma parte de los componentes biológicos, sociales y culturales de varias generaciones que lo adaptaron a las condiciones climáticas y a determinadas altitudes de la Sierra Norte de Puebla (SAGARPA, 2011).

En el municipio de Xicotepec, los cafetales ocupan una superficie promedio de 7,913 hectáreas (25 % del total). El café se cultiva en las modalidades bajo sombra y sol.

La primera es la más extensa y se efectúa bajo el dosel del BMM; los elementos típicos son: *Liquidambar styraciflua* (liquidámbar o corozo), *Quercus germana* (encino), *Clethra mexicana* (marangola), *Magnolia schiedeana* (magnolia), *Heliocarpus appendiculatus* (jonote), *Trema micrantha* (cuerillo) y otros más.

Tomando en consideración este manejo, estudios recientes confirman que en cierta medida se mantienen las condiciones de los hábitats de la macrofauna como aves, mamíferos, reptiles y anfibios (Cruz et al., 2022).

Al preservar parte del BMM se mantiene la estabilidad ambiental y se favorece la infiltración de agua, la reducción del riesgo por erosión hídrica y la conservación de la microfauna edáfica.

La segunda modalidad cubre una menor superficie, pero los efectos son más adversos dada la pérdida total de su cobertura. En los solares de los propietarios del cafetal se cultivan especies frutales como naranja, limón, papaya, mandarina, mango, entre otras.



Figura 3. Pastizales utilizados para crianza de ganado bovino.

El cultivo de árboles con alta demanda por la calidad de su madera ocurre en terrenos cercanos a los cafetales; estos árboles incluyen el cedro rojo (*Cedrela odorata*) y el cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*), o bien la pimienta (*Pimenta dioica*), cuyo fruto es utilizado como condimento. Estas variantes del policultivo permiten a los dueños de los predios obtener ingresos económicos adicionales por la venta de madera y frutos comestibles.

COMENTARIO FINAL

Las intensivas actividades primarias han tenido un enorme impacto en la transformación del paisaje del municipio de Xicotepec.

A lo largo de varias décadas, las actividades más recurrentes han sido la ganadería y el cultivo de café.

Estas actividades se realizan marginando o ignorando el enorme valor que representa la biodiversidad de sus bosques.

El bosque mesófilo de montaña es considerado, entre los bosques de México, un ecosistema valioso por su flora compuesta de especies tropicales y especies de Norteamérica.

Por sus aportaciones ecosistémicas forma parte del ciclo hidrológico en la condensación de la humedad atmosférica y es el hábitat de distintos grupos de vertebrados, donde destacan las aves y mamíferos.



© Héctor Salazar. SK 16 THC. A4, paper, mix media, 2021.

Las políticas públicas de la administración municipal deberían formar parte de las acciones de conservación de este tipo de bosque. Este trabajo pretende dimensionar el viejo dilema entre el desarrollo económico local y la pérdida de la biodiversidad en Xicotepec. Una opción ante esta realidad es considerar el enfoque sistémico en los planes municipales de desarrollo a fin de encontrar un equilibrio entre los intereses económicos, el cambio de uso del suelo y los valores ecosistémicos de los bosques.

REFERENCIAS

- CEICADAR (1992). *Diagnóstico General Agropecuario de las Regiones Indígenas del Estado de Puebla*. México. Colegio de Postgraduados-Unidad Puebla. México
- Cruz R, Ochoa L y Flores O (2022). La importancia de los endemismos de vertebrados en el bosque mesófilo de montaña en México: una notable diversidad en un ambiente altamente amenazado. *Cuadernos de Biodiversidad* 63:30-39.
- González E, Meave J, Ramírez N, Toledo T, Lorea FG e Ibarra G (2012). Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* 21 (1-2):36-52.
- INEGI (1995). *Xicotepec, estado de Puebla*. Cuaderno estadístico municipal. Ags. México.
- Martínez L, Pérez O, Vázquez G, Castillo G, García J, Mehlreter K, Equihua M and Landgrave R (2009). Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico. *Forest Ecology and Management* 258:1856-1863.
- Municipio de Xicotepec (MX). (2021). *Plan Municipal de Desarrollo (2021-2024)*. Honorable Ayuntamiento de Xicotepec. México. Gobierno de Puebla.
- Romero SA (2016). *Diversidad y estructura de especies leñosas en un fragmento de bosque mesófilo de montaña en Xicotepec, Puebla, México*. Tesis de Biólogo. Facultad de Estudios Superiores, Iztacala. México. UNAM.
- Rzedowski J (1978). *Vegetación de México*. México. Limusa.
- SAGARPA (2011). Diagnóstico de la Cafeticultura en el Estado de Puebla. D. F., México.

Aurelio Colmenero Robles
Imelda Rosas Medina
Instituto Politécnico Nacional/becario(a)
COFAA
acolmenero@ipn.mx



© Héctor Salazar. SK2-27. A4, markers, 2021.

El lenguaje químico de los insectos

Julio C. **Rojas**

Los insectos son los animales más diversos y abundantes del planeta Tierra; de acuerdo con la Royal Entomological Society del Reino Unido hay un millón de especies descritas, pero se estima que puede haber algo así como 10 millones de especies que esperan ser identificadas (<https://www.royensoc.co.uk/understanding-insects/facts-and-figures/>). Esta misma sociedad científica estima que hay 1.4 billones de insectos por cada persona y que el peso total de los insectos es 70 veces mayor que el de todos los humanos. Así, la importancia de los insectos en los ecosistemas terrestres es enorme. Los insectos son polinizadores, degradadores de materia orgánica, depredadores o alimento de otros animales, entre muchas funciones dentro de los ecosistemas naturales. Ciertamente, hay un número muy reducido de insectos (< 1 %) que dañan cultivos agrícolas y productos almacenados o son vectores de enfermedades de plantas, animales y humanos (Jankielsohn, 2018).

Varios factores han influido para que los insectos sean tan exitosos, destacando su ciclo de vida corto, su tamaño reducido, su capacidad de colonizar diferentes hábitats del planeta y tener una comunicación extraordinariamente eficiente.

Los insectos se comunican entre ellos y su ambiente usando estímulos físicos (oído, vista y tacto) o químicos (olfato y gusto). Sin duda, los compuestos químicos son fundamentales en la vida y, de manera muy importante, en la conducta reproductiva de los insectos.

Por ejemplo, la mayoría de los insectos usan compuestos para comunicarse entre individuos de su misma especie (feromonas). Existen diferentes tipos de feromonas que van desde aquellas que afectan el comportamiento de los insectos hasta otras que causan cambios fisiológicos de largo plazo (Rojas y Guerenstein, 2016).

De las primeras, hay feromonas sexuales, de alarma, de ruta y reclutamiento y de marcaje, entre otros tipos. De las segundas, se han descrito aquellas que suprimen el desarrollo ovárico de las obreras y la cría de otras reinas o aquellas que aceleran el crecimiento y sincronizan la maduración sexual. En la abeja melífera, la feromona mandibular de la reina tiene ambas funciones ya que actúa como feromona sexual, regula el comportamiento social y la armonía de la colonia, evita que las obreras críen una nueva reina para crear una nueva colonia (enjambrazón) e inhibe el desarrollo ovárico de las obreras (Rojas y Guerenstein, 2016).

Por otra parte, los insectos pueden usar compuestos volátiles (olores) y no volátiles de sus huéspedes para encontrar un recurso alimenticio o para evitar a sus enemigos.

Los compuestos que median las interacciones entre individuos de diferentes especies son conocidos como aleloquímicos. En este artículo ejemplificaremos el uso del lenguaje químico en diferentes actividades de los insectos.

Figura 1. Hembra del gusano cogollero liberando su feromona sexual (Foto Samuel Cruz-Esteban).



BUSCANDO PAREJA

Las feromonas más estudiadas en insectos son las del tipo sexual. La primera feromona sexual de un animal fue identificada en 1959 por el bioquímico alemán Adolf Butenandt, quien previamente había ganado el premio Nobel por su investigación con hormonas sexuales de humanos. El modelo de estudio fue la palomilla del gusano de la seda, que tenía la ventaja de que era criada masivamente en Asia. Para identificar la feromona se tuvieron que usar 500 mil abdómenes de hembras. La hembra de esta especie, como la mayoría de las palomillas, libera una feromona sexual para atraer al macho a copular (Figura 1).

Interesantemente, en algunas especies de palomillas la feromona es producida solamente después de que las hembras perciben los compuestos volátiles de la planta huésped.

En otros casos, los volátiles de la planta huésped sinergizan la atracción de los machos a la feromona sexual; es decir, la respuesta de los machos se incrementa en la presencia de los volátiles. En el primer caso, la posible función de la percepción de los volátiles podría ser una forma para que las palomillas aseguren el alimento de su progenie: ¿para qué aparearse si no hay alimento disponible para su progenie? En el segundo caso, los volátiles pueden facilitar la búsqueda de la pareja (Xu y Turlings, 2018). Cuando el macho se acerca a la hembra, este también puede liberar una feromona afrodisíaca de corto alcance. Esta feromona puede ser usada por las hembras para evaluar la calidad (e.g., tamaño, salud) del macho atraído antes de su aceptación. Actualmente se han identificado las feromonas sexuales de cientos de especies de palomillas y de otros 12 órdenes de insectos.

Las feromonas de agregación, las cuales son producidas por un sexo, pero atraen a ambos sexos, en ocasiones también puede tener una función secundaria de tipo sexual. Este tipo de feromonas fue primeramente documentado en los escarabajos descortezadores (Macías-Sámano y Zuñiga, 2016). En este caso, un sexo, dependiendo de la especie, coloniza la planta huésped atraído por sus volátiles,

y una vez ahí empieza a liberar la feromona para atraer a ambos sexos que colonizan masivamente al huésped con el objetivo de debilitar sus defensas. Al estar ambos sexos en el mismo sitio se facilita el apareamiento. Cuando la densidad de descortezadores se incrementa y el alimento decrece, ellos empiezan a liberar feromonas de antiagregación para indicar a sus congéneres que el recurso se ha agotado. En otros escarabajos, tijerillas, chinches, trips, langostas, piojos de libros, pescaditos de plata y piojos, también se han encontrado feromonas de agregación, aunque su función es menos clara.

BUSCANDO ALIMENTO

La búsqueda de alimento para un animal o para su progenie es una importante tarea; el reto consiste en satisfacer las necesidades calóricas sin ser depredado. Los insectos sociales están divididos en castas, una de las cuales tiene la función de buscar alimento y una vez encontrado comunicárselo a sus compañeros de nido. Un ejemplo de esto es la danza desplegada por la forrajera de la abeja melífera que ha descubierto un recurso floral para indicarle a sus congéneres la cantidad, calidad, dirección y distancia del alimento. Este fenómeno fue descubierto por Karl von Frische, un etólogo austroalemán, quien ganó el premio Nobel por este descubrimiento.

Las forrajeras de hormigas usan feromonas de ruta y reclutamiento, junto con estímulos visuales, para dar información sobre el recurso a sus compañeros. Muchos de nosotros, particularmente los que vivimos en el trópico, hemos visto cómo las hormigas forman filas de ida y vuelta. La explicación de este comportamiento es que cuando una forrajera descubre un alimento regresa al nido poniendo una marca química en el suelo. Una vez en el nido, la obrera puede usar compuestos químicos, exhibiciones motoras (e.g., balanceo lateral de la cabeza y tórax o tamborileo antenal) y trofalaxis (intercambio de alimento) para atraer la atención de sus compañeras e incitarlas a seguir la ruta química dejada por ella (Czaczkes *et al.*, 2019). Al regresar al nido, las forrajeras colocan la marca química hasta que el recurso se agota.



Figura 2. Avispa parasitoide ovipositando sobre la hembra de la broca del café, quien a su vez esta barrenando un fruto de café (Foto Alfredo Castillo Vera).

Los insectos herbívoros usan los volátiles de las plantas para discriminar entre huéspedes y no huéspedes, los cuales pueden funcionar como atrayentes o repelentes. Una vez que aterrizan en la planta, los insectos proceden a evaluar la calidad de la planta usando metabolitos primarios (e.g., fructosa, glucosa, sorbitol) y secundarios (e.g., taninos, alcaloides, etc.), además de estímulos físicos, para aceptarla o rechazarla (Rojas, 2012). En algunos lepidópteros y dípteros, después de que la hembra oviposita pone una feromona de marcaje en el recurso para evitar que otras hembras lo usen, con lo que disminuye la competencia. En otras ocasiones, las larvas liberan compuestos que repelen a las hembras grávidas del recurso ya ocupado.

En el caso de los insectos hematófagos ocurre algo similar: a cierta distancia usan los volátiles junto con estímulos térmicos y visuales emanados por el huésped, algunos de los cuales son producidos por los microorganismos que viven con él

(Manrique *et al.*, 2023). Cuando contactan al huésped evalúan la calidad de este a través de algunos componentes emanados por la piel (e.g., lípidos, ácidos grasos) o de la sangre que pueden funcionar como fagoestimulantes (e.g., ATP, glucosa, NaCl,) o inhibidores (e.g., quinina, cafeína).

Los insectos carnívoros (*i.e.*, depredadores y parasitoides) pueden usar los volátiles de plantas de su huésped, la feromona de su huésped o los volátiles de plantas inducidos por la herbívora (Figura 2). Sin embargo, hay que considerar que, si bien los volátiles de las plantas son más detectables por su mayor biomasa, esto no significa que el huésped se encuentre en la planta; es decir, no es una señal confiable. En contraste, las feromonas son menos detectables, pero son estímulos más confiables. Así, la mejor solución para los insectos carnívoros es que usen los volátiles inducidos por herbivoría, ya que son detectables y confiables. No obstante, existe controversia acerca de si la función primaria de estos volátiles es reclutar a los enemigos de los insectos herbívoros, particularmente porque en ocasiones hay un conflicto de interés entre el primer y el tercer nivel trófico. Por ejemplo, algunos estudios han documentado que las larvas parasitadas comen más o que las defensas de las plantas pueden afectar a los insectos carnívoros. Además, se ha descubierto que estos compuestos son liberados por las plantas cuando son sometidas a estrés hídrico o calórico, por lo que algunos investigadores sugieren que esta podría ser la función primaria de los llamados volátiles inducidos por herbivoría.

ALERTANDO SOBRE LA PRESENCIA DE ENEMIGOS

En insectos que viven agregados o en sociedad, cuando un depredador ataca al grupo, inmediatamente alguno de ellos libera una señal de alarma para alertar a sus congéneres del peligro (Rojas y Guerenstein, 2016). El significado evolutivo de las feromonas de alarma es difícil de explicar; ¿por qué un insecto debería de alertar a sus conespecíficos

poniendo en riesgo su propia vida? Los beneficios de emitir una señal de alarma tendrían sentido en el caso de grupos de individuos que son genéticamente relacionados (parientes) o idénticos (clones), como es el caso de las abejas, hormigas o pulgones. Pero la emisión de señales de alarma en individuos no relacionados genéticamente es más difícil de explicar. Existen dos estrategias para el uso de feromonas de alarma por los insectos. En la primera, cuando el insecto (e.g., pulgones, chinches) detecta al depredador, libera la feromona y sus compañeros se alejan o se tiran al suelo, evitando ser depredados. La segunda estrategia es activa y el insecto (e.g., abejas, avispa), al percibir al depredador, libera la feromona de alarma para reclutar a sus compañeros con el fin de atacarlo, y después del ataque replegarse. Una importante característica para poder clasificar a un compuesto como una feromona de alarma es que este pueda ser percibido por sus congéneres, si no es el caso, entonces el compuesto tiene una función defensiva. Además de los pulgones, chinches, avispas y abejas, también se ha reportado que las termitas, trips y escarabajos producen feromonas de alarma.

OLIENDO AL ENEMIGO

Hipotéticamente, los insectos deben de poder detectar a sus enemigos a fin de evitarlos, pero existen pocos estudios al respecto. Las moscas efímeras o de mayo (Ephemeroptera), que en su estado larvario son acuáticas, perciben la presencia de su depredador y restringen su forrajeo para evitar ser comidas, lo cual tiene un efecto positivo en la biomasa de su alimento (algas). Los olores de una chinche depredadora causan que el escarabajo de la papa de Colorado reduzca su alimentación. Los dos casos de arriba son ejemplos de interacciones indirectas mediadas por volátiles. Recientes estudios de laboratorio han documentado que los picudos de la palma son repelidos por los volátiles liberados por hongos y nematodos entomopatógenos. Las hembras de palomillas prefieren ovipositar en plantas de menor calidad que en las de mayor calidad (e.g., más nutritivas, menos defensas),



Figura 3. Trampa con un liberador de la feromona sintética para monitorear al picudo del agave (Foto Héctor Hernández González).

si parasitoides están presentes en estas últimas. Sin embargo, no se conoce cuál es el estímulo que usan las palomillas para evaluar el riesgo.

EL CÓDIGO DESCIFRADO POR SUS ENEMIGOS

Una vez que los insectos o cualquier otro organismo libera sus volátiles al ambiente ya no puede controlar quién puede usarlos. Por ejemplo, los parasitoides de huevos usan feromonas sexuales, de agregación o antiafrodisiacas de sus huéspedes para localizarlos (Fatouros *et al.*, 2008). En este último caso, los machos de algunas palomillas y chinches transfieren un compuesto químico a las hembras durante el apareamiento a fin de hacerlas no atractivas a los machos rivales y así proteger su inversión genética. Sin embargo, los parasitoides han descifrado esta información química de sus huéspedes y la usan para localizar a las hembras grávidas, que al poner sus huevos son parasitados.

En otros casos, el uso indebido de la información química del huésped es todavía más sofisticada (Vereecken y McNeil, 2010). Algunas de las especies de los escarabajos ampolladores (Meloidae) son parásitos de abejas solitarias. Las larvas recién eclosionadas o de primer estadio (triangulinos) de los escarabajos mimetizan la feromona sexual de las abejas, la cual es producida por las hembras. Así, las hembras de los escarabajos colocan los triangulinos en la parte superior de plantas; una vez ahí,

empiezan a liberar la feromona, que al ser percibida por los machos de las abejas son atraídos y contactan a los triangulinos, los cuales se suben al macho. Eventualmente, el macho de abeja encuentra una hembra y se aparea con ella. Durante el apareamiento, los triangulinos se pasan a la hembra, quien eventualmente los introduce a su nido.

La mayoría de las especies de las mariposas de la familia Lycaenidae son herbívoras; sin embargo, algunas especies tienen un mutualismo con hormigas. Las larvas de las mariposas ofrecen alimento a las hormigas a cambio de protección. En algunos casos, sin embargo, las mariposas se convierten en parásitos de las hormigas. En este caso, las mariposas ponen sus huevos en plantas específicas y los primeros tres estadios larvales se alimentan de estas. Al llegar al cuarto estadio, las larvas se tiran al suelo y son recogidas por las hormigas e introducidas al nido. Las larvas mimetizan el olor de las larvas de las hormigas y así pueden entrar al nido sin ser atacadas. La mayoría de las especies parásitas de Lycaenidae son depredadoras y se alimentan de la colonia a su ingreso. Sin embargo, algunas especies permanecen en el nido y son cuidadas y alimentadas por las hormigas hasta su etapa adulta. Estas especies *cuckoo*, además del mimetismo químico, han desarrollado la habilidad de emitir sonidos similares a los de las larvas de las hormigas.



© Héctor Salazar. Ciudad.
100 x 150 cm, mix media, stencil, acrylic on canvas, 2019.

APLICACIÓN PRÁCTICA

Descifrar el lenguaje químico de insectos nocivos nos permite usar los compuestos para su manejo (Figura 3). Las feromonas pueden ser usadas en cuatro estrategias de manejo: monitoreo/detección, trapeo masivo, atracción-aniquilación e interrupción del apareamiento (Rojas *et al.*, 2008). Los volátiles vegetales se pueden usar para monitoreo/detección y trapeo masivo de las plagas. Las feromonas y los volátiles del huésped (atrayentes) y no huésped (repelentes) pueden ser usados para diseñar un sistema de repulsión/atracción para insectos de importancia agrícola, médica o veterinaria.

En resumen, la comunicación química juega un papel fundamental en muchos aspectos de la vida de los insectos, incluyendo la localización de alimento y parejas y la detección de competidores y enemigos naturales. Desde el punto de vista práctico, descifrar el lenguaje químico de los insectos nos permite desarrollar estrategias para el manejo de insectos nocivos y benéficos.

REFERENCIAS

- Czaczkes TJ, Beckwith JJ, Horsch AL and Hartig F (2019). The multi-dimensional nature of information drives prioritization of private over social information in ants. *Proceedings of the Royal Society B* 286 (1909):20191136.
- Fatouros NE, Dicke M, Mumm R, Meiners T and Hilker M (2008). Foraging behavior of egg parasitoids exploiting chemical information. *Behavioral Ecology* 19(3):677-689.
- Jankielsohn A (2018). The importance of insects in agricultural ecosystems. *Advances in Entomology* 6(2):62-73.
- Macías-Sámano JE y Zuñiga G (2016). Conocimiento y uso de los semioquímicos que median las interacciones entre insectos descortezadores y sus hospederos las coníferas, pp 531-559. En: Anaya AL, Espinosa-García FJ y Reigosa-Roger MJ (eds), *Ecología Química y Alelopatía: Avances y Perspectivas*. Plaza y Valdés S. A. de C. V.
- Manrique G, Rojas JC, Figueiras ANL, Barrozo RB and Guerenstein PG (2023) Highlights, challenges, and perspectives in basic and applied chemical ecology of triatomines. *Current Opinion in Insect Science* 59:101101.
- Rojas, JC, Malo EA and Macías-Sámano JE (2008) Uso de semioquímicos en el manejo de insectos plaga, pp 167-183. En: Toledo J y F Infante (eds), *Manejo Integrado de Plagas*. Editorial Trillas S. A. de C. V.
- Rojas JC (2012). El papel del estímulo químico durante la búsqueda de hospederos por lepidópteros herbívoros, pp. 287-314. En Rojas JC y Malo EA (eds), *Temas selectos en ecología química de insectos*. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas.
- Rojas JC y Guerenstein P (2016). Comunicación animal por feromonas: Aspectos básicos y aplicados, pp 425-470. En: Anaya AL, Espinosa-García FJ y Reigosa-Roger MJ (eds), *Ecología química y alelopatía: Avances y perspectivas*. Plaza y Valdés S. A. de C. V.
- Vereecken NJ and McNeil JN (2010) Cheaters and liars: chemical mimicry at its finest. *Canadian Journal of Zoology* 88(7):725-752.
- Xu H and Turlings TC (2018). Plant volatiles as mate-finding cues for insects. *Trends in Plant Science* 23(2):100-111.

Julio C. Rojas
Departamento de Ecología de Artrópodos
y Manejo de Plagas
El Colegio de la Frontera Sur
jrojas@ecosur.mx

Más allá de los insecticidas: buscando un control ecológico y sustentable de las chinches besuconas

Reyna **Vargas-Abasolo**
David **Alavez-Rosas**
Alex **Córdoba-Aguilar**

La enfermedad de Chagas es un problema de salud pública que aqueja a seres humanos en todo el mundo. Aunque es endémica del continente americano, esta enfermedad se ha extendido a otras partes del mundo debido a las migraciones de personas infectadas, la coexistencia del parásito, del vector y sus múltiples reservorios. Aproximadamente se reportan 30,000 casos con 12,000 muertes por año. Además, se estima que cerca de 9,000 recién nacidos adquieren el parásito durante la gestación. Tan solo en el continente americano 70 millones de personas están en riesgo de contraer esta enfermedad.

El agente que causa este padecimiento es el parásito *Trypanosoma cruzi*, presente en las heces de chinches hematófagas que pertenecen a la subfamilia Triatominae. Estos insectos actúan como vectores del parásito, es decir, transmiten este agente infeccioso de un animal infectado a un ser humano o a otro animal. En México, los triatominos son conocidos comúnmente como chinches besuconas (Figura 1).

La transmisión de *T. cruzi* ocurre cuando un insecto infectado pica un área de la piel, se alimenta y luego defeca cerca de la picadura. En consecuencia, la persona se

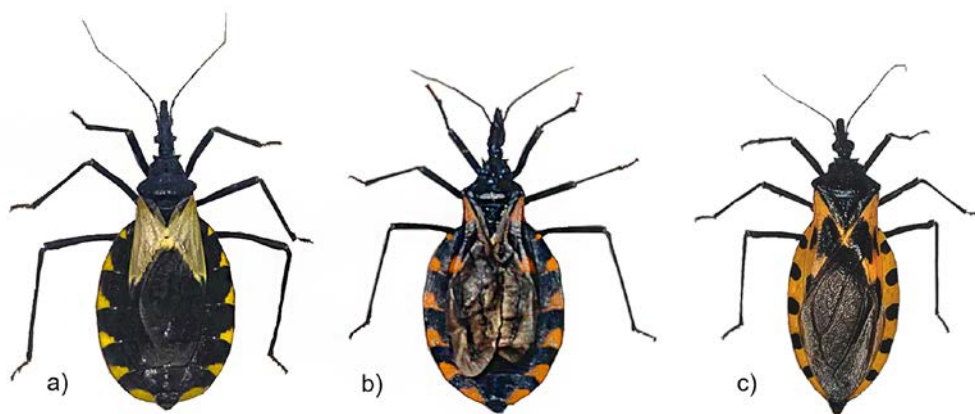


Figura 1. Vectores potenciales de *Trypanosoma cruzi*. a) *Triatoma pallidipennis*, b) *T. longipennis*, c) *T. dimidiata*. Créditos: Reyna Vargas.

rasca la zona debido a la comezón que le produce la picadura, y los parásitos presentes en las heces penetran en el organismo a través de la herida provocada o por las mucosas, como las de la boca o los ojos (Figura 2).

Las chinches vectoras de *T. cruzi* son de hábitos nocturnos y buscan su alimento (sangre de algún mamífero) durante la noche.

Durante el día permanecen agregadas en refugios (grietas, pequeñas cuevas, debajo de las piedras, etc.) donde encuentran protección y un lugar para aparearse. Se pueden encontrar en ambientes domésticos, peridomésticos y selváticos. Un problema con las chinches besuconas es que tienen una gran capacidad de dispersión y pueden colonizar tanto entornos rurales como urbanos.

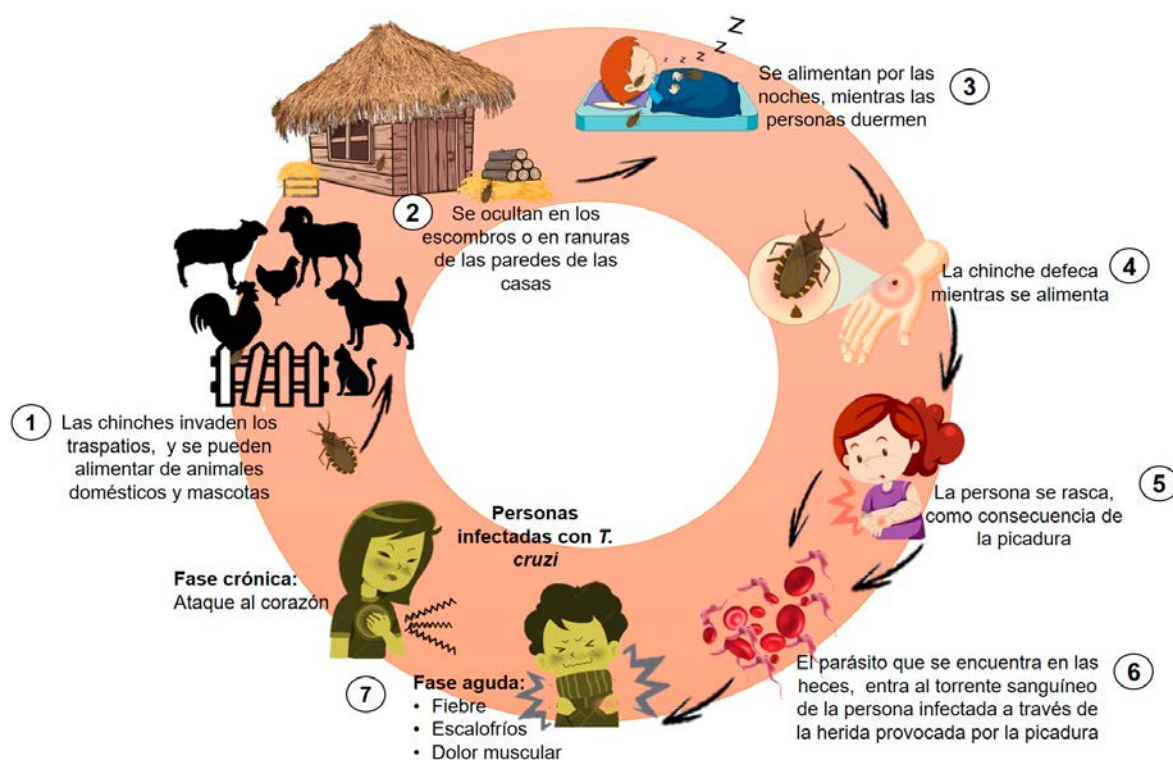


Figura 2. Ciclo de transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas. Imagen de creación propia.

Los programas tradicionales para el control de triatominos incluyen mejoras en el hogar, educación para la salud, colectas manuales y, sobre todo, uso de insecticidas químicos. Dado que estos métodos han sido insuficientes o poco viables, actualmente se investigan otros métodos de control (Vargas-Abasolo *et al.*, 2023). En este trabajo hacemos un resumen de estos métodos. Adicionalmente, planteamos el posible uso combinado de diferentes técnicas desde un enfoque de manejo integrado de vectores (MIV), con el cual se pueden suprimir las poblaciones de chinches besuconas de una manera efectiva, sustentable, amigable con el ambiente y poco nociva para el ser humano.

CONTROL QUÍMICO

Hasta la fecha, el método más eficaz y a corto plazo para matar a las chinches besuconas ha sido rociar las viviendas con insecticidas. De ahí que los piretroides, como deltametrina, beta-cipermetrina, lambda-cihalotrina y beta-ciflutrina hayan sido los más prometedores debido a su acción rápida y eficaz. Sin embargo, el uso inadecuado de estos insecticidas tiene la desventaja de que sus residuos duran largos períodos en entornos domésticos y peridomésticos, por lo que causan graves daños a los humanos y al ambiente. Además, los insecticidas pueden ir perdiendo progresivamente su capacidad para eliminar a los insectos. Por ejemplo, se han reportado casos de resistencia en poblaciones de la chinche *Triatoma infestans* en países de América del sur.

EXTRACTOS Y ACEITES ESENCIALES DE PLANTAS

Existen fuentes de origen vegetal que pueden ser de utilidad para el control de las chinches besuconas. Este es el caso del aceite de eucalipto y de neem, de los cuales se sabe que tienen efectos tóxicos sobre los triatominos. De igual manera, el aceite de canela inhibe la muda, y el aceite de citronela provoca que las chinches no se alimenten, lo que las lleva a la muerte. Esto se debe a que las plantas producen compuestos químicos, llamados

metabolitos secundarios, muchos de los cuales tienen actividad insecticida o repelente. Por ejemplo, los monoterpenos eucaliptol y geraniol tienen efectos letales sobre algunas especies de chinches besuconas. Otros compuestos como el carvacrol, carveol, citronelol, eugenol, linalool, mentol, α -terpineol, timol y verbenol tienen efectos repelentes contra las ninfas de triatominos (Moretti *et al.*, 2013).

Una desventaja de los aceites esenciales es que tienen un tiempo de acción corto y se pueden volatilizar rápidamente, lo cual ha limitado su uso en el control de triatominos. Por eso se están desarrollando dispositivos que permitan la liberación controlada de estos productos, además de tener protección frente a factores ambientales, lo cual puede alargar la eficacia biológica de estos insecticidas sobre las chinches.

SEMIOQUÍMICOS

Un semioquímico es una sustancia o complejo de sustancias químicas que median las interacciones entre organismos dentro de la misma especie (feromonas) o entre diferentes especies (aleloquímicos). En este respecto los triatominos, al igual que otros animales, se comunican a través de mensajes químicos. Ejemplos de esto son los olores para búsqueda de apareamiento, huéspedes y sitios de refugio (Alavez-Rosas *et al.*, 2023).

Los compuestos químicos que liberan las chinches pueden utilizarse para manipular su comportamiento, como se ha hecho con otros insectos plaga del sector agrícola, como las moscas de la fruta. Por ejemplo, se pueden usar estos compuestos para la detección temprana de triatominos a través de un sistema de trapeo, y así fortalecer su localización en los alrededores y dentro de las viviendas. También podrían utilizarse como una alternativa de control, instalando múltiples trampas para capturas masivas de chinches y, con ello, disminuir el contacto de estos vectores con los humanos y, en consecuencia, reducir los casos de enfermos con Chagas.



Figura 3. Trampas para la detección de triatominos. Atrayente en el interior y pared interna cubierta de pegamento para asegurar la captura de insectos. Créditos: Álvaro Campusano, Unión Juárez, Chiapas.

ATRAYENTES EN TRAMPAS

Se ha propuesto el uso de ratones para la detección y captura de chinches hematófagas. Aunque este puede ser un método rápido y efectivo para detectar a los triatominos en las viviendas, se deben considerar otros factores de ética y de infraestructura para el crecimiento, mantenimiento y transporte de animales vivos. Por estas razones, se han investigado otros posibles atrayentes, como la levadura del pan (*Saccharomyces cerevisiae*) o el uso de compuestos sintéticos dentro de trampas (Figura 3). Considerando que los triatominos suelen buscar sitios para refugiarse, estos dispositivos son muy efectivos para la detección de chinches.

Algunos compuestos han sido muy buenos atrayentes y han ayudado a mejorar el muestreo de triatominos. Por ejemplo, trampas cebadas con hexanal, nonanal, octanal y benzaldehído detectaron 26 % y 20 % de hogares reinfestados, a los 3 y 6 meses

después de la aplicación de insecticidas, respectivamente. En tanto que con búsquedas manuales solo se detectaron entre 0 y 1.4 % de viviendas infestadas (Rojas de Arias *et al.*, 2012).

REPELENTE

Un repelente es una sustancia o mezcla de sustancias que evita que un insecto se acerque a un objetivo determinado. Un ejemplo es el DEET (N, N-Dietil-meta-toluamida) ampliamente usado contra mosquitos y garrapatas. Sin embargo, algunos estudios reportan buenos resultados de repelencia de DEET contra *Rhodnius prolixus* y *T. infestans*. Por tal motivo, este compuesto se considera prometedor para ser usado en humanos para repeler triatominos.

Por otra parte, los aceites esenciales (citronela, menta y lavanda), así como otros compuestos sintéticos, pueden tener efectos repelentes contra chinches hematófagas. Así mismo, muchos de estos compuestos sintéticos y de origen natural que han mostrado ser repelentes de triatominos, están siendo evaluados como agentes desalojantes (sustancias que obligan a las chinches a salir de los refugios donde permanecen ocultas durante el día) con el objetivo de lograr que el insecto entre en contacto con el insecticida aplicado, o en su caso, para asegurar el éxito de las capturas manuales.

ENEMIGOS NATURALES

Los triatominos, al igual que otros insectos, tienen enemigos naturales. Estos enemigos pueden ser usados como agentes de control biológico. Algunos de los beneficios de usar enemigos naturales es que son relativamente específicos y, en la mayoría de los casos, no inducen resistencia ni tienen efectos tóxicos o impacto ambiental negativo. Al respecto, se han realizado varios estudios con parasitoides y entomopatógenos principalmente.

Un parasitoide es un organismo que necesita de otro para desarrollarse dentro o fuera de su hospedero, resultando en la muerte de este último. A la fecha se han realizado una serie de estudios de avispa del género *Telenomus*, las cuales son

parasitoides de huevos de triatominos (Arisqueta-Chablé *et al.*, 2022).

Este conocimiento puede ser aplicado reproduciendo en laboratorio estos parasitoides para su posterior liberación en ambientes naturales. Sin embargo, no tenemos conocimiento de alguna iniciativa relacionada y, por lo tanto, es un campo prometedor por explorar.

Los hongos entomopatógenos son microorganismos que generalmente matan a sus hospederos y, a diferencia de los parasitoides, se reproducen rápidamente y pueden ser dispersados por el viento y la lluvia. Las esporas de los hongos pueden permanecer viables durante mucho tiempo en las grietas, que es donde comúnmente se encuentran los triatominos, lo que puede reducir las poblaciones de insectos en las viviendas. En este sentido, *Beauveria bassiana* es un hongo que se desarrolla muy bien sobre triatominos, tanto en condiciones controladas de laboratorio, como en condiciones naturales. Sin embargo, cuando se trata de controlar insectos infectados con *T. cruzi*, el panorama puede ser diferente. Se ha encontrado que *T. cruzi* confiere resistencia a las chinches cuando estas son invadidas por hongos. Esto sucedió con el hongo *Metarhizium anisoplae* cuando se aplicó a dos grupos de *Triatoma pallidipennis*, uno infectado y otro sin infectar.

Las chinches infectadas tardaron más días en morir que las chinches sin infectar (Flores-Villegas *et al.*, 2019). En este caso, hubo una especie de efecto protector del parásito cuando la chinche estuvo infectada por el hongo.

MANEJO INTEGRADO DE VECTORES APLICADO A CHINCHES BESUCONAS

El manejo integrado de vectores (MIV) es el uso combinado de diferentes técnicas para el control de vectores, con el objetivo de reducir o interrumpir la transmisión vectorial de las enfermedades, con el menor impacto ambiental y humano posible. El concepto de MIV se desarrolló como resultado del manejo integrado de plagas que se usa en el sector agropecuario.

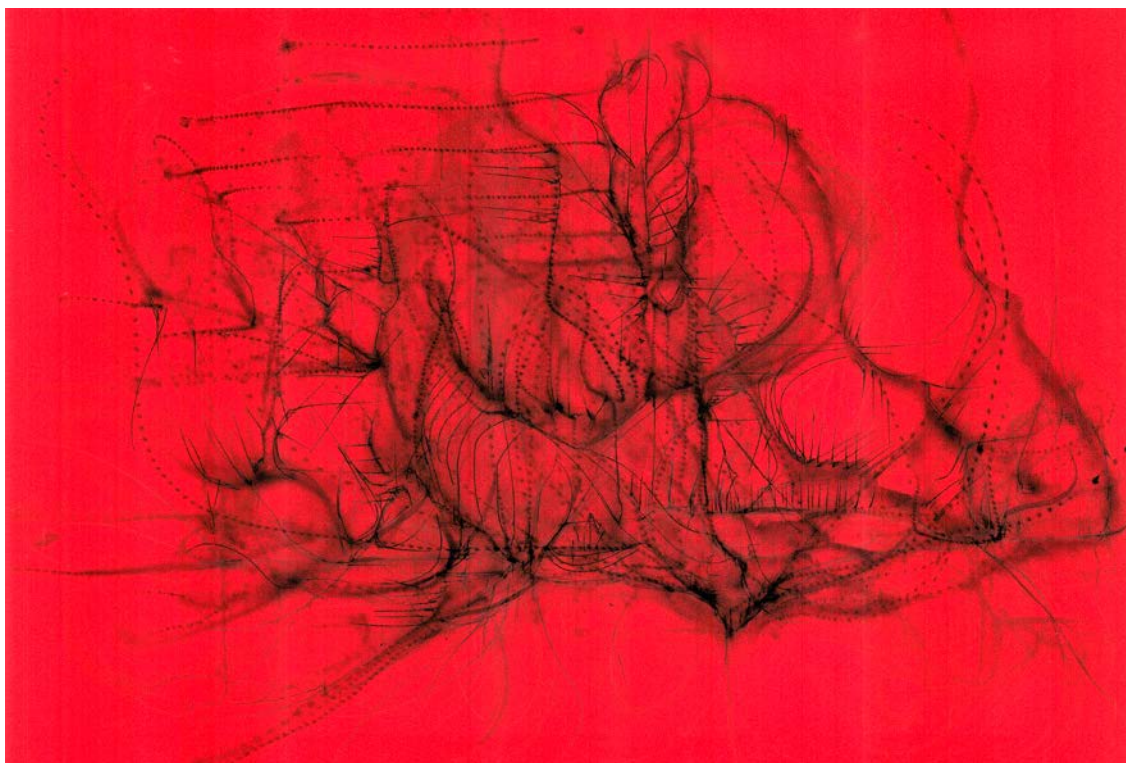
Con el MIV se procura optimizar y racionalizar el uso de recursos y herramientas disponibles. De tal modo que, para tener un buen MIV, se debe tomar en cuenta la biología del vector, la transmisión de la enfermedad y el número de personas que enferman en un determinado tiempo y lugar. Además, es fundamental la colaboración del sector salud y otros sectores públicos y privados para generar un marco de salud pública reglamentario y legislativo. Más importante aún es la participación comprometida de comunidades e interesados locales.

Refiriéndonos a los triatominos, y de acuerdo con las investigaciones actuales sobre su control, hay algunas estrategias que es necesario evaluar. Por ejemplo, con el uso combinado de insecticidas químicos sintéticos con insecticidas botánicos, agentes desalojantes u hongos entomopatógenos se podría garantizar el control de vectores sin depender únicamente de un solo método de control. Un ejemplo de ello sería aplicar hongos entomopatógenos cuando la densidad poblacional del insecto vector sea baja, y recurrir a insecticidas sintéticos únicamente en infestaciones altas de triatominos.

En este sentido, en nuestro grupo de trabajo estamos conjuntando el uso de semioquímicos, principalmente feromonas, con algunos agentes desalojantes, así como el uso de trampas combinadas con insecticidas. De la misma manera, buscamos informar a la población en general de los avances en los métodos de control de estos insectos, principalmente en zonas de alta incidencia de estas chinches.

APUNTES FINALES

La enfermedad de Chagas es un problema de salud pública que afecta la calidad de vida, principalmente de la población de bajos ingresos. Las estrategias de control de triatominos deben ir encaminadas a la implementación de diferentes métodos de control sin perder de vista la salud en la interfaz humano-animal-medio ambiente. Por ejemplo, con métodos que sean amigables con el ambiente y que sean de bajo costo. Los insecticidas sintéticos no son el único



medio para controlar a los vectores. Sin embargo, para lograr un adecuado MIV, los métodos alternativos indicados en este artículo, aunque prometedores, aún requieren más investigaciones y deben enfatizar el desarrollo de formulaciones altamente estables, que sean eficaces y con impacto epidemiológico comprobado. De la misma manera, es urgente la implementación de políticas públicas en este rubro, así como estimular el interés en obtener información y, sobre todo, la participación activa de la población en general.

AGRADECIMIENTOS

A CONAHCyT por las becas posdoctorales a RVA y a DAR; así mismo al proyecto de Ciencia de Frontera (clave 376136/2020 número 292) y al proyecto Context (Unifying Texan and Mexican efforts towards controlling Chagas disease by deducing parasite-vector dynamics).

R E F E R E N C I A S

Alavez-Rosas D, Córdoba-Aguilar A y Cruz-López L (2023). Semioquímicos, ¿compuestos clave para monitorear y controlar a las chinches chagásicas? *Elementos* 130:57-62.

Arisqueta-Chablé C, Ramírez-Ahuja ML, Delfín-González H, Gómez-Govea MA, Peña-Carrillo KI and Manrique-Saide P (2022). Identity and Report of *Telenomus fariai* Parasitizing Eggs of *Triatoma dimidiata* at Yucatan, Mexico. *Southwestern Entomologist* 47(2):345-352.

Flores-Villegas AL, Cabrera-Bravo M, De Fuentes-Vicente JA, Jiménez-Cortés GJ, Salazar-Schettino PM, Bucio-Torres MI and Córdoba-Aguilar A (2019). Coinfection by *Trypanosoma cruzi* and a fungal pathogen increases survival of Chagas bugs: advice against a fungal control strategy. *Bulletin of entomological research* 1-7.

Moretti AN, Zerba EN and Alzogaray RA (2013). Behavioral and toxicological responses of *Rhodnius prolixus* and *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) to 10 monoterpene alcohols. *Journal of Medical Entomology* 50(5):1046-1054.

Rojas de Arias A, Abad-Franch F, Acosta N, López E, González N, Zerba E and Masuh H (2012). Post-Control surveillance of *Triatoma infestans* and *Triatoma sordida* with chemically-baited sticky traps. *Plos Neglected Tropical Diseases* 6(12):e1822.

Vargas-Abasolo R, Gutiérrez-Cabrera AE, Cruz-López L, Alavez-Rosas D, Benelli G and Córdoba-Aguilar A (2023). Chagas disease vector control strategies: where we are and where we should go from here. *Entomologia Generalis* 43(4):771-788.

Reyna Vargas-Abasolo
David Alavez-Rosas
Alex Córdoba-Aguilar
Departamento de Ecología Evolutiva
Instituto de Ecología
Universidad Nacional Autónoma de México
acordoba@ieciologia.unam.mx

Partículas contaminantes y cambio climático: detonantes de alergias por pólenes y esporas

Brayan **Bustamante**
Carmen Isela **Ortega Rosas**

La contaminación atmosférica es una de las principales amenazas para la humanidad, puesto que más de un 90 % de la población en el mundo habita en zonas con una mala calidad del aire. Los efectos de este tipo de contaminación se reflejan en alrededor de siete millones de defunciones por año a nivel global, atribuibles a enfermedades respiratorias como el cáncer pulmonar y padecimientos cardiovasculares. En 2021, la Organización Mundial de la Salud publicó una actualización de sus directrices mundiales sobre calidad del aire. En estas, se establecen los límites normados para contaminantes como óxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃) y material particulado atmosférico (PM₁₀ y PM_{2.5}). Este último de gran interés debido a su impacto en la salud humana y el entorno natural (World Health Organization, 2022).

El material particulado atmosférico o PM (del inglés *particulate matter*), define a una mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas que, por sus propiedades físicas y químicas, tienen el potencial de adentrarse en regiones profundas del sistema respiratorio humano a través de su inhalación. El origen de estas partículas contaminantes se encuentra en actividades humanas como la

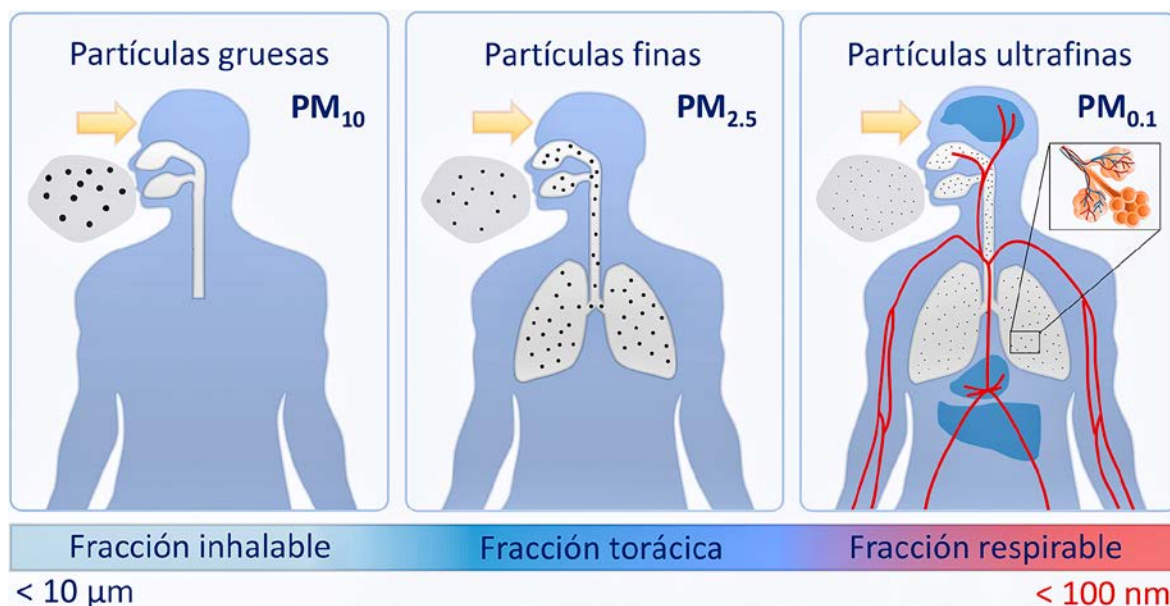


Figura 1. Potencial de penetración de cada fracción. La fracción inhalable (PM_{10}) corresponde a la masa total de partículas que se adentran en nariz y boca. La fracción torácica ($PM_{2.5}$) es la masa total de partículas que alcanzan regiones más allá de laringe. La fracción respirable ($PM_{0.1}$) es la masa total de partículas que impactan en regiones profundas del sistema respiratorio (alvéolos pulmonares y torrente sanguíneo). Ilustración elaborada por Brayan Bustamante.

quema de combustibles fósiles, el tráfico vehicular y la industria. Aunque hay otras fuentes de emisión como tormentas de polvo y arena, incendios forestales y sales de mar (Hopke *et al.*, 2020).

Según su diámetro aerodinámico, estas partículas se categorizan por “fracciones” (Figura 1). Las partículas más gruesas, cuyo diámetro sea igual o menor a 10 micras, corresponden a la fracción PM_{10} (una micra es equivalente a la millonésima parte de un metro). En contraste, la fracción $PM_{2.5}$, abarca a partículas finas de tamaño igual o menor que 2.5 micras de diámetro.

En los últimos años, algunas investigaciones han abordado las concentraciones del PM comprendido en un tamaño igual o menor que 0.1 micras de diámetro. La fracción $PM_{0.1}$ se incluye en el rango de partículas ultrafinas o nanopartículas. Debido a sus reducidos tamaños, es posible que su alcance sea mayor al de otras fracciones, consiguiendo penetrar en los alvéolos pulmonares y el torrente sanguíneo (Figura 1).

Sin embargo, algunos de los aspectos en relación con la ocurrencia de estos contaminantes y

sus efectos en la salud humana continúan siendo incomprendidos a la fecha (Kwon *et al.*, 2020).

La aerobiología es una ciencia multidisciplinaria que tiene por objeto el estudio de todas aquellas partículas biológicas en suspensión, generalmente referidas bajo el término colectivo de bioaerosoles (Nilsson, 1992). Los bioaerosoles son susceptibles a la fuerza mecánica del viento y corrientes de aire, experimentando en cortas o largas distancias a través de la atmósfera, eventos sucesivos de liberación, dispersión, deposición y resuspensión. Dicha secuencia es designada por el nombre de “proceso aerobiológico”.

En la actualidad, los expertos en aerobiología señalan que las principales fuentes de bioaerosoles son virus, bacterias, colonias de hongos microscópicos y protozoarios; al igual que plantas productoras de semillas (espermatofitas), hongos generadores de esporas, fragmentos de artrópodos, y restos de origen animal y vegetal. La concentración de bioaerosoles en la atmósfera es tal, que resulta imposible para seres humanos y otros organismos evitar la interacción directa con estas partículas aerotransportadas. Por este motivo, la aplicación de la aerobiología ha sido de gran utilidad en ámbitos de

la salud pública y ocupacional, las ciencias ambientales y la tecnología agrícola (Lancia *et al.*, 2021).

Es posible que, por sus tamaños tan similares, granos de polen y esporas interactúen con el PM en un mismo sistema de circulación de masas de aire. Este hecho da como resultado la adhesión de partículas finas y ultrafinas en la pared externa de granos de polen y esporas fúngicas, potenciando la respuesta alérgica de sujetos sensibilizados (Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

Este trabajo tiene la finalidad de dar a conocer las implicaciones del aumento en las concentraciones de PM y su interacción con otras partículas de origen biológico, considerando además los efectos del cambio climático en la alta incidencia de alergias respiratorias por causa de granos de polen y esporas fúngicas (Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

TEMPORADAS DE ALERGIAS: UN POTENCIAL EN ASCENSO

Los granos de polen y esporas fúngicas son biopartículas con potencial alergénico que suelen encontrarse suspendidas en la atmósfera, por lo que son fácilmente inhaladas. En algunos casos, el sistema inmunitario reconoce a granos de polen y esporas fúngicas como sustancias extrañas o antígenos. En respuesta, el organismo producirá una mayor cantidad de inmunoglobulina E (IgE) como medida de defensa. La IgE es un anticuerpo que dirigirá al antígeno hacia la superficie de los mastocitos (un tipo de glóbulo blanco). Tal evento estimula la desgranulación de sustancias y mediadores activos al interior de los mastocitos (p. ej., histamina, leucotrienos y prostaglandinas). Según la clasificación de hipersensibilidad de Gell y Coombs (1963), el polen genera una de Tipo 1 (inmediata); como resultado se manifiestan los síntomas de la alergia: estornudos, inflamación, congestión nasal, irritación ocular, dificultad para respirar y crisis de asma en los casos más extremos. Según Pavón-Romero y colaboradores (2022), las alergias respiratorias son padecidas por cerca del 40 % de la población en el mundo.

Las espermatofitas son plantas vasculares que producen semillas como parte de su reproducción.

Entre estas se encuentran las gimnospermas o “plantas con semillas desnudas” (pinos y abetos). Por su parte, las angiospermas son plantas que han desarrollado frutos como medio de protección y dispersión de las semillas. En su caso, la flor es la estructura reproductora de la cual se desarrollará y liberará el polen (proceso de dehiscencia de la antera).

En el interior de los granos de polen se encuentran las células germinativas con carga masculina que deberán alcanzar la estructura femenina correspondiente para lograr la fecundación. Este proceso de reproducción sexual es altamente exitoso y se conoce por el nombre de polinización. La polinización es posible gracias a vectores como insectos, aves y mamíferos que, en la búsqueda de néctar y otros recursos, harán efectivo el transporte del polen de una flor a otra. No obstante, alrededor de un 10 % de las especies de plantas con flores dependen de la polinización por viento. Este carácter se define como anemofilia y puede interpretarse como la adaptación evolutiva de algunas plantas frente a escenarios en que las oportunidades de polinización por vectores animales son reducidas (por ejemplo, lugares áridos, de temperaturas extremas o gran altitud). Entre las características que destacan en plantas anemófilas se encuentran flores o estructuras poco vistosas, unisexuales, sin aromas, de diseños ligeros y frágiles, sin nectarios u otro tipo de recompensas, y con una elevada producción polínica por flor o estróbilos. Además, los granos de polen suelen ser secos, pequeños y poco ornamentados (Friedman y Barrett, 2009).

A pesar de que las esporas de hongos suelen presentarse en concentraciones atmosféricas mayores, estas han sido relegadas a un papel secundario en estudios aerobiológicos. Este hecho podría deberse a su alta variabilidad morfológica, lo que dificulta su identificación taxonómica al microscopio; o bien, a su bajo potencial alergénico. Sin embargo, en años recientes las esporas fúngicas han ganado un mayor interés por parte de especialistas, quienes consideran que sus propiedades

alergénicas han sido subestimadas (Codina *et al.*, 2021). En los hongos, los métodos de dispersión pasivos son predominantes y pueden ser tanto sexuales como asexuales. Por ende, su arribo a nuevos ambientes depende en gran medida de la potencia y dirección de los vientos.

Para que la liberación de pólenes (dehiscencia) y esporas tenga lugar, son determinantes algunas características medioambientales: disponibilidad de recursos, cambios de estaciones y temperatura. Su tiempo en suspensión depende en gran medida de la prolongación de épocas de sequía, baja humedad y altos niveles de radiación solar. En contraste, un aumento en la precipitación podría disminuir su concentración atmosférica. La convergencia de estos factores tiene relación directa con el inicio de la temporada de alergias: los sujetos sensibilizados que habitan en sitios urbanos responden rápidamente a los picos de mayor concentración de alérgenos en el aire. Si bien debe considerarse la susceptibilidad y la predisposición genética de la población ante ciertos taxones de gran potencial alergénico (por ejemplo, pastos y ambrosías), la contaminación atmosférica y la influencia del cambio climático (Ortega-Rosas *et al.*, 2020). Algunos eventos extremos que han sido asociados a la aceleración del cambio climático (olas de calor o lluvias intensas, por ejemplo), han llevado a modificaciones en la extensión de temporadas de alergias en diferentes regiones. La disponibilidad de agua y el aumento en la temperatura detonan los patrones de floración y propagación de las esporas, lo que afecta el ciclo de vida de plantas y hongos conduciendo a episodios de alergias más severos y prolongados (Paudel *et al.*, 2021).

EFFECTOS DEL PM EN LAS PROPIEDADES DE GRANOS DE POLEN Y ESPORAS FÚNGICAS

En la actualidad, la interacción del PM con partículas biológicas es un fenómeno que ha despertado interés, sobre todo en sitios urbanos donde los niveles por contaminación atmosférica resultan

alarmantes. Es posible que las características microscópicas en la morfología de pólenes y esporas fúngicas faciliten la adhesión de partículas a su pared más externa (Figura 2). La membrana de esta pared puede llegar a colapsar en casos en los que las concentraciones por PM sean excesivas, reduciendo su estructura en fragmentos más finos (subpartículas) que preservan algunas proteínas de potencial alergénico y producen un mayor impacto al penetrar en las regiones profundas del sistema respiratorio (Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

En el caso de granos de polen, Visez y colaboradores (2019) sugieren cuatro escenarios en los que la interacción con partículas contaminantes se lleva a cabo: 1) al depositarse sobre estructuras florales al momento de apertura de la antera –parte superior del estambre en donde se produce el polen; 2) en su transporte aéreo, por medio de un mismo sistema de circulación; 3) durante un evento de resuspensión en el cual las partículas sedimentadas vuelven a elevarse por efecto del viento; y 4) al codepositarse en fosas nasales y recorrer las vías respiratorias. La evidencia comprueba que esta interacción tiene efectos en la composición química de granos de polen, su desempeño reproductivo, alergenicidad y estructura. Se han descrito alteraciones en el contenido de flavonoides (químicos vegetales), pérdida de viabilidad (medida de fertilidad masculina) y capacidad germinativa, aumento de potencial alergénico y ruptura (Sénéchal *et al.*, 2015).

En México, pocos estudios se han desarrollado y gran parte de los registros aerobiológicos se han enfocado en estudiar la concentración polínica de la zona metropolitana del Valle de México, con un menor interés en conocer la repercusión de esporas fúngicas en la atmósfera de entornos urbanos, si bien los últimos años se han caracterizado por el progreso en investigaciones en el campo aerobiológico para estados más al norte del país como Nuevo León (Monterrey), Baja California (Mexicali), Sinaloa (Los Mochis) y Sonora (Hermosillo y Cajeme). No obstante, son limitados los trabajos que abordan el impacto en la salud humana de la interacción de PM con granos de polen y esporas fúngicas (Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

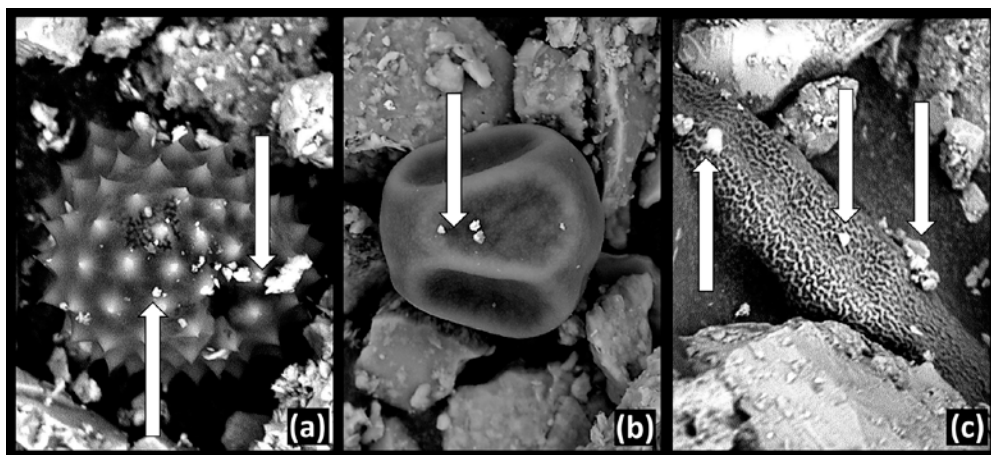


Figura 2. Material particulado atmosférico (PM) adherido a granos de polen y esporas fúngicas. Las flechas en blanco señalan algunas de las partículas adheridas. De izquierda a derecha: (a) polen de *Ambrosia* (ambrosías); (b) polen de Poaceae (familia de los pastos); (c) espora de *Alternaria* (hongo filamentosos). Las imágenes se obtuvieron a través de microscopía electrónica de barrido por las investigadoras Belem González-Grijalva y Carmen I. Ortega-Rosas.

El estado de Sonora se ubica en la región noroeste de la República Mexicana. Su cabecera municipal, Hermosillo, es una ciudad de clima semiárido, que cuenta con temperaturas extremas a lo largo del año y lluvias torrenciales durante los meses del verano. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), su población total es de 936,263 habitantes, siendo el municipio con mayor número de personas en el estado.

Desde 2015 a 2019, se ha estudiado la concentración de pólenes y esporas fúngicas en el aire de Hermosillo. Entre los taxones polínicos dominantes, se encuentran los pastos (familia Poaceae). Los granos de polen de esta familia (como el que se muestra en la sección b de la Figura 2), suelen ser pequeños en comparación con otros; y, por su composición, tienen propiedades alergénicas que afectan la salud de los grupos más susceptibles a problemas respiratorios. Asimismo, se han encontrado adheridas a su pared partículas de especies químicas provenientes del tráfico vehicular (por ejemplo, bromuro, cloro y antimonio).

Otros taxones de especial atención por su abundancia y alergenicidad son los mezquites (género *Prosopis*), las ambrosías (género *Ambrosia*) y los quelites (familia Amaranthaceae), al igual que hongos filamentosos como *Cladosporium* y *Alternaria*. Sus patrones de concentración (Figura 3) se asocian a su floración entre las estaciones del invierno-primavera (febrero-abril) y

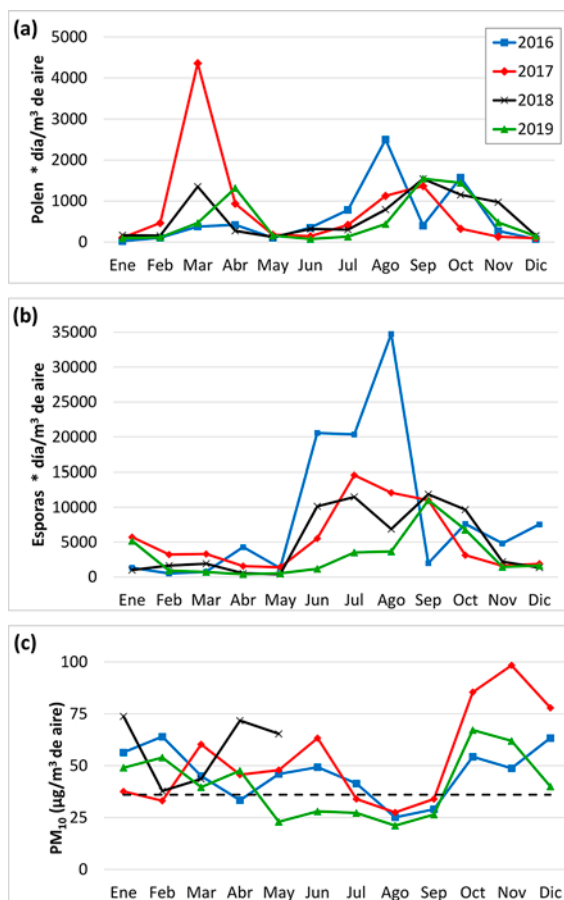


Figura 3. Concentración de partículas contaminantes en Hermosillo, Sonora de 2016 a 2019, con colores correspondientes a cada año de monitoreo continuo: 2016 en azul, 2017 en rojo, 2018 en negro y 2019 en verde. El gráfico incluye (a) granos de polen, (b) esporas fúngicas y (c) PM10. La línea punteada indica el límite permisible de PM10 (36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aire) en un primer año de monitoreo, según la NOM-025-SSA1-2021. μg = microgramo (millonésima parte de un kilogramo). Fuente: Laboratorio de Aerobiología (UES), Carmen I. Ortega-Rosas.

durante el verano (julio-septiembre), meses en los que la disponibilidad de agua aumenta gracias a las lluvias que reverdecen temporalmente los paisajes de la región. Hermosillo cuenta con un registro de partículas contaminantes en la fracción PM₁₀ (Figura 3). A partir de ello, se ha llegado a encontrar que, durante parte de los meses más fríos del año (octubre a diciembre), las concentraciones de este contaminante superan de manera significativa el límite tolerable de 36 µg/m³ de aire para un primer año de monitoreo, según la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021. Por lo tanto, es probable que, en los picos máximos de concentración de pólenes, esporas fúngicas y PM₁₀, la población de Hermosillo sea susceptible a los padecimientos de enfermedades respiratorias y afecciones cardiovasculares incluso más severas (Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

Pólenes y esporas fúngicas actúan como vehículos de transporte para partículas finas y ultrafinas adheridas a su pared, lo que puede llevar a un alcance más profundo del PM en el sistema respiratorio. La contaminación atmosférica en las ciudades es un problema en aumento que se ve potenciada por los efectos de la aceleración del cambio climático. Por lo tanto, es necesario el desarrollo de estrategias de mitigación más efectivas por parte de gobiernos y organizaciones. Entre las recomendaciones en pro de combatir los efectos combinados de la contaminación y las alergias respiratorias se encuentran el monitoreo continuo de la calidad del aire, la elaboración de calendarios polínicos que indiquen los meses de mayor concentración de pólenes y esporas fúngicas alergénicas para contemplar medidas anticipatorias (por ejemplo, el uso del cubrebocas) y la asistencia médica temprana al momento de reconocer los primeros síntomas de alerta.

REFERENCIAS

Codina R, Esch RE and Lockey RF (2021). The clinical relevance of pollen versus fungal spores in allergic diseases. *J Allergy Clin Immunol Pract* 9:3615-3620.

Friedman J and Barrett SCH (2009). Wind of change: new insights on the ecology and evolution of pollination and mating in wind-pollinated plants. *Annals of Botany* 103:1515-1527.

Gell PGH and Coombs RRA (1963), eds. *Clinical Aspects of Immunology*. 1st ed. Oxford, England: Blackwell.

Hopke PK, Dai Q, Li L and Feng Y (2020). Global review of recent source apportionments for airborne particulate matter. *Sci Total Environ* 740:1-10.

INEGI (2020). Censo de población y vivienda 2020. Recuperado de: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/son/poblacion/>.

Kwon HS, Ryu MH and Carlsen C (2020). Ultrafine particles: unique physicochemical properties relevant to health and disease. *Exp Mol Med* 52:318-328.

Lancia A, Capone P, Vonesch N, Pellicioni A, Grandi C, Magri D and D'Ovidio MC (2021). Research progress on aerobiology in the last 30 years: a focus on methodology and occupational health. *Sustainability* 13:1-20.

Nilsson S (1992). Aerobiology: an inter and multidisciplinary approach. *Indian Journal of Aerobiology* 23:23-28.

Ortega-Rosas CI, Meza-Figueroa D, Vidal-Solano JR, González-Grijalva B and Schiavo B (2020). Association of airborne particulate matter with pollen, fungal spores, and allergic symptoms in an arid urbanized area. *Environ Geochem Health* 43:1761-1782.

Paudel B, Chu T, Chen M, Sampath V, Prunicki and Nadeau KC (2021). Increased duration of pollen and mold exposure are linked to climate change. *Scientific Reports* 11:1286.

Pavón-Romero GF, Calderón-Ezquerro MC, Rodríguez-Cervantes MA, Fernández-Villanueva D, Melgoza-Ruiz E, Ramírez-Jiménez F and Terán LM (2022). Association of allergic sensitivity and pollination in allergic respiratory disease: the role of pollution. *J Asthma Allergy* 15:1227-1243

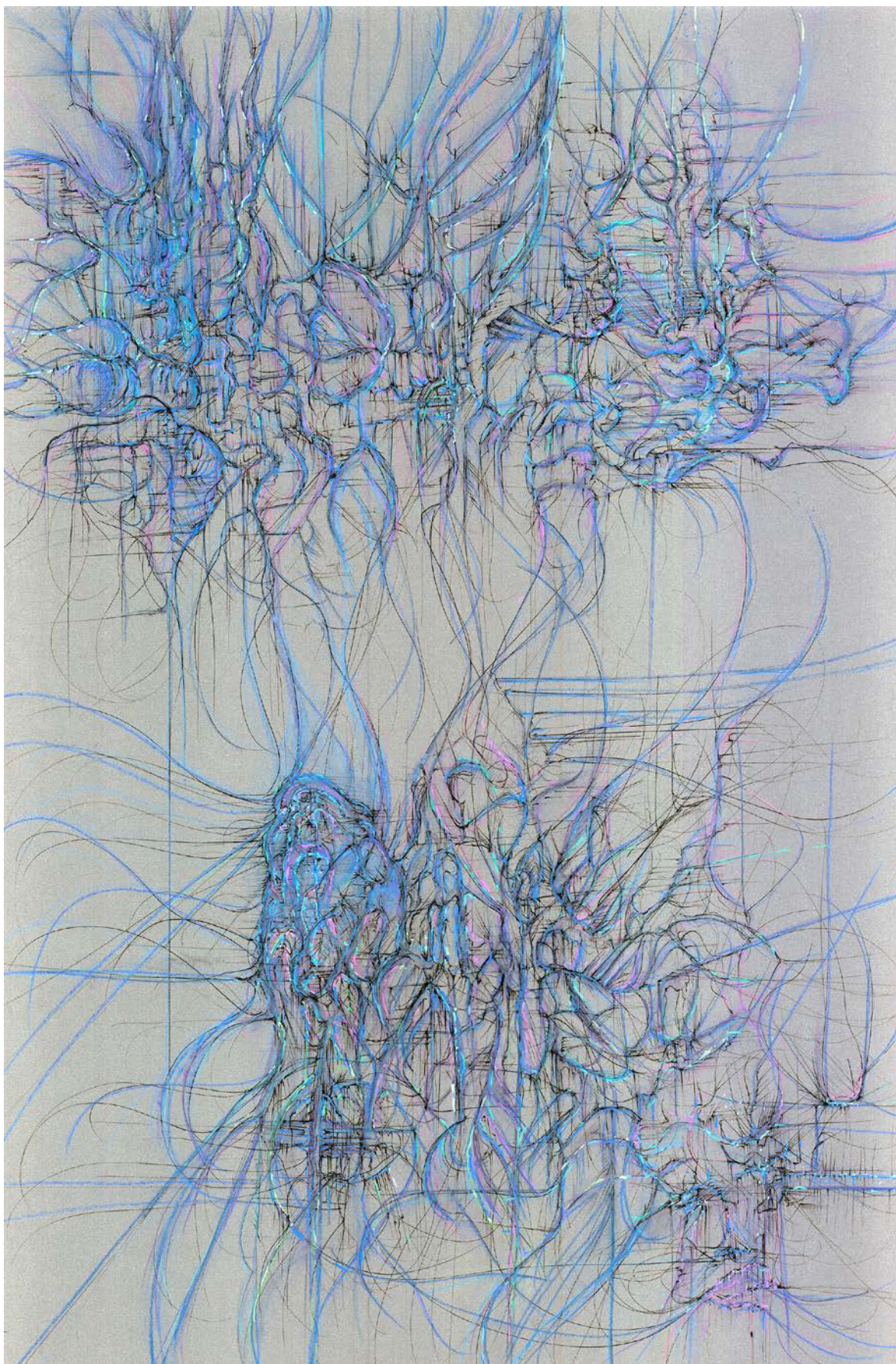
Sénéchal H, Visez N, Charpin D, Shahali Y, Peltre G, Biolley JP, Lhuissier F, Couderc R, Yamada O, Malrat-Domenge A, Pham Ti N, Poncet P and Sutra JP (2015). A review of the effects of major atmospheric pollutants on pollen grains, pollen content, and allergenicity. *The Scientific World Journal* 940243:1-29.

Visez N, Ivanovsky A, Roose A, Gosselin S, Sénéchal H, Poncet P and Chôel M (2019). Atmospheric particulate matter adhesion onto pollen: a review. *Aerobiologia* 36:49-62.

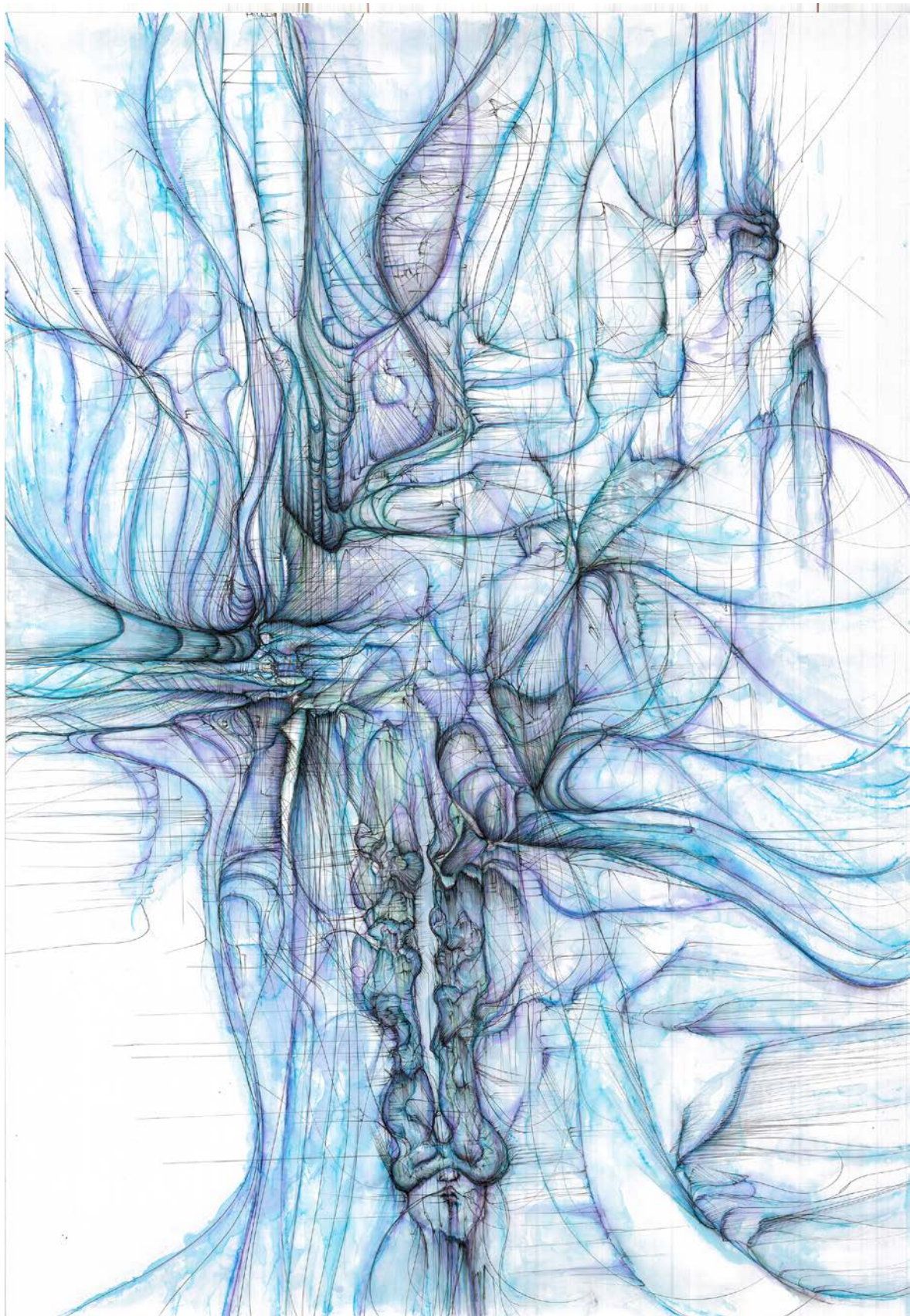
World Health Organization (2022). *Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment*. 2022 update. Chapter 2. Air pollution. Geneva: World Health Organization.

Brayan Bustamante
Departamento de Investigaciones Científicas
y Tecnológicas
Universidad de Sonora

Carmen Isela Ortega Rosas
Licenciatura en Ecología
Unidad Académica Hermosillo
Universidad Estatal de Sonora
carmen.ortega@ues.mx



© Héctor Salazar. Mar-pajaritos-kish. 70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, airbrush, marker, 2023.



© Héctor Salazar. 1p-lsd -thc-100 ug-DMT, scan-memoria-mar. 70 x 100 cm, glossy paper, precision pen, airbrush, marker, 2023.

Celdas solares orgánicas: una alternativa económica y sustentable

Aldo Giovanni **Vázquez Guzmán**
Jairo César **Nolasco Montaña**

La población mundial se ha incrementado de 2 mil millones a 8 mil millones en los últimos 70 años (Adam, 2022). ¿Y qué sucede con el recibo de consumo eléctrico de un departamento de una persona soltera cuando decide tener familia (una pareja, dos hijos, y una abuela)? Ese recibo puede pasar de \$200 a \$2,000. El crecimiento de la familia causa un incremento de su demanda de energía eléctrica. De la misma manera, la población mundial, a medida que se multiplica, demanda más energía eléctrica. Para cubrir las necesidades energéticas de una forma sostenible se han implementado fuentes de energía renovable como la energía solar.

La luz solar representa una alternativa energética ideal, porque a diferencia del petróleo, es abundante en todo el planeta y es gratis. En una hora, la Tierra recibe más energía del Sol que la energía que la población mundial consume en un año (Zhou, 2013).

La conversión de la energía solar a energía eléctrica ocurre mediante el efecto fotovoltaico. Este fenómeno fue observado por primera vez en 1839 (Becquerel, 1839). El efecto fotovoltaico es el proceso mediante el cual se convierten los rayos solares en electricidad utilizando una unión de materiales semiconductores.

Existen materiales que conducen la electricidad (conductores), materiales que no conducen la electricidad

(aislantes), y materiales que semiconducen la electricidad (semiconductores). Al incidir la luz solar sobre los materiales semiconductores que conforman las celdas solares, ocurre una transición de electrones de niveles energéticos poco conductivos hacia otros más conductivos. Lo anterior y un campo eléctrico interno originado por la unión de los semiconductores permite que los electrones fluyan libremente y generen corriente eléctrica.

Las celdas solares tienen como su principal parámetro de medida a su eficiencia de conversión de energía. Su eficiencia de conversión de energía representa la relación entre la energía de entrada y la energía de salida. Los rayos solares son la energía de entrada; y la potencia eléctrica que la celda solar entrega representa la energía de salida. La potencia eléctrica de salida está en función de la capacidad de los materiales de la celda solar para absorber luz solar y conducir la electricidad fotogenerada. Se busca que los materiales en una celda solar conviertan la mayor cantidad de rayos solares en energía eléctrica.

CELDA SOLARES

Un sistema fotovoltaico comercial capta, transforma y suministra la energía proveniente del Sol. La captación se realiza mediante un panel fotovoltaico. El panel está compuesto por un conjunto de celdas solares. En esas celdas se lleva a cabo el efecto fotovoltaico para generar una corriente eléctrica, de modo que la corriente eléctrica de un panel fotovoltaico es la suma de las corrientes eléctricas de cada celda solar dentro del panel.

La energía eléctrica es obtenida en forma de corriente directa, por lo que requiere ser transformada en corriente alterna para ser utilizada en los hogares. El proceso de conversión a corriente alterna es efectuado en un dispositivo electrónico llamado inversor. Finalmente, la energía eléctrica, ya convertida en corriente alterna, puede ser usada para diferentes fines, como energizar luminarias o cargar celulares.

El silicio es el principal material de los paneles solares comerciales: el 95 % de los paneles solares están hechos con silicio. Este material se usa en las celdas solares por sus propiedades físicas ideales (ancho de banda y conductividad eléctrica) que favorecen el efecto fotovoltaico (Zhou, 2013). Sin embargo, el proceso de purificación del silicio requiere de altas temperaturas que incrementan los costos de fabricación. Esta limitante ha llamado la atención de la comunidad científica, por lo que se han investigado nuevos materiales para fabricar celdas solares de bajo costo, tales como los materiales orgánicos.

VENTAJAS DE LAS CELDAS SOLARES ORGÁNICAS

El silicio de alta pureza es un semiconductor con características eléctricas que favorecen a los dispositivos electrónicos. Entre los dispositivos electrónicos más destacados se encuentran los transistores y las celdas solares. Las celdas solares convencionales son fabricadas usualmente de silicio policristalino debido a que su relación costo-eficiencia es superior a la de otros materiales. Existen diferentes tipos de fabricación del silicio. En orden descendente de complejidad y costo, hay tres tipos de silicio utilizados como base en celdas solares convencionales: silicio cristalino, policristalino y amorfo. Las celdas solares basadas en dichos materiales tienen como limitante su complejo proceso de purificación y fabricación. Por ejemplo, el proceso de purificación del silicio ocurre a altas temperaturas, lo cual encarece la fabricación de dispositivos. Esto ha motivado a la comunidad científica a implementar nuevos materiales en celdas solares conocidas como emergentes.

Entre las celdas solares emergentes están las celdas solares fabricadas con materiales orgánicos. Tales materiales son económicos, flexibles y con un proceso de fabricación simple. La Figura 1 muestra la comparación de temperaturas de elaboración y de espesores de celdas solares de silicio y orgánicas. El silicio de alta pureza requiere para su elaboración de una temperatura de alrededor de 700 °C. En contraste, algunos materiales orgánicos



Figura 1. Comparación de temperaturas de elaboración y de espesores de celdas solares de silicio y orgánicas.

no requieren de altas temperatura y pueden ser fabricados a temperatura ambiente, alrededor de 23 °C. Esto hace que los materiales orgánicos utilicen menos energía para elaborarse, y por lo tanto, son menos costosos; además de que se requiere de menor cantidad de material para fabricar las celdas. El grosor de la capa que absorbe la luz en las celdas solares hace la diferencia en la cantidad de material empleado. El grosor del silicio en una celda solar es 0.0001 metros, grosor similar al del cabello humano, mientras que los materiales orgánicos tienen un grosor de 0.0000001 metros, grosor similar a la de un virus. Específicamente, se emplea alrededor de 1,000 veces menos material en las celdas solares orgánicas que en las celdas solares de silicio. Se ha estimado que el costo de las celdas solares orgánicas representa alrededor de una tercera parte del costo de las de silicio (Bhaskaran *et al.*, 2014).

FABRICACIÓN DE BAJO COSTO

Los materiales orgánicos se han implementado en diversas áreas de la electrónica, por ejemplo, las pantallas de televisión, los sensores médicos flexibles y las celdas solares. Los materiales orgánicos tienen varias ventajas cuando son usados en el campo fotovoltaico: 1) los materiales orgánicos son a menudo baratos de producir y se pueden

sintetizar utilizando materiales fácilmente disponibles; 2) son flexibles, lo que los hace ideales para superficies curvas; 3) se pueden procesar fácilmente utilizando técnicas basadas en soluciones (líquidos), como la impresión o el recubrimiento, lo que permite la producción en masa de dispositivos a bajo costo; 4) tienen menores requisitos de energía para la síntesis y el procesamiento en comparación con los materiales inorgánicos, lo que los hace energéticamente más eficientes en su etapa de producción; 5) la producción de materiales orgánicos genera menos residuos y puede ser más amigable con el medio ambiente que los materiales inorgánicos. El resultado de su ligereza es que con menos material salen más dispositivos. Se estima que si utilizas 1 kg de material orgánico, se podría fabricar una celda solar del tamaño de una cancha de fútbol profesional.

Existen principalmente dos factores que inciden en el costo de las celdas solares: el costo de los materiales y el costo de fabricación. Por el lado de los materiales, los métodos químicos de elaboración de los materiales orgánicos son más simples que los de silicio. El rango de temperatura que se suele utilizar es de 90 a 150 °C (Suresh *et al.*, 2022). Esto implica que un proceso escalable sea viable debido a que necesita menos energía térmica

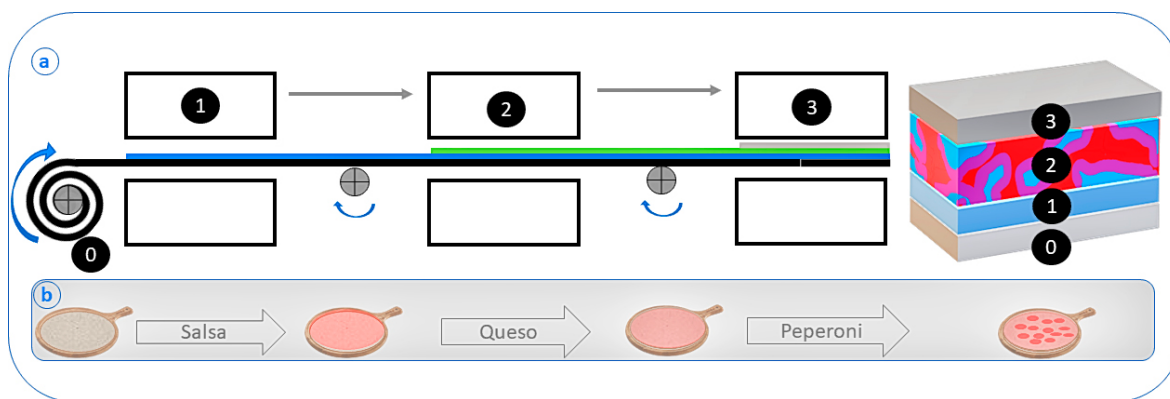


Figura 2. (a) Proceso de fabricación de rollo a rollo de celdas solares orgánicas. (b) Analogía con la elaboración de una pizza.

para su fabricación. Por el lado de la fabricación, se emplea menos material en las celdas solares orgánicas que en las convencionales. Además, el proceso de depósito en solución con el cual las celdas solares orgánicas son fabricadas también favorece su escalabilidad.

La comunidad científica fabrica las celdas solares orgánicas mediante la técnica de recubrimiento giratorio (*spin-coating*), la cual es relativamente simple, replicable y de bajo costo. La técnica consiste en depositar el material activo orgánico sobre un vidrio transparente (sustrato) se hace girar. Esta técnica funciona bien a nivel laboratorio, donde las muestras son de alrededor del tamaño de un sacapuntas (2 cm^2). Sin embargo, en las celdas solares orgánicas la técnica tiene la desventaja de desechar la mayor parte del material que se deposita. Tales pérdidas en la industria juegan un papel en el costo final del dispositivo. Por eso se han popularizado métodos alternativos para fabricar las celdas solares orgánicas con base en procesos similares a la impresión de un periódico. Un ejemplo de esto es el depósito a gran escala por la técnica nombrada de “rollo a rollo” (*roll-to-roll*). Esta técnica permite el depósito de películas en el orden de los cientos de nanómetros (alrededor de 300 nanómetros) de espesor. La Figura 2 presenta el proceso de fabricación rollo a rollo de celdas solares orgánicas.

El esquema presenta una celda solar orgánica compuesta por cuatro capas. La capa cero representa el sustrato de plástico PET en forma de rollo sobre el cual está depositado un óxido conductor transparente. La capa 1 representa una película de transporte que sirve para evitar pérdidas en la interfaz. La capa 2 representa la película absorbidora de luz solar que será la encargada de convertir a corriente eléctrica los rayos solares. La capa 3 representa el contacto metálico por donde va a fluir la corriente. La configuración de la celda solar orgánicas de la Figura 2 es relativamente simple, pero dependerá del diseño y de los materiales que se empleen.

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO

¿Sabías que las celdas solares orgánicas han alcanzado en laboratorio eficiencias de alrededor de 19 %? Esta eficiencia fue alcanzada por un grupo de investigadores de la Universidad de Corea (Park *et al.*, 2023). Ellos estudiaron cómo mejorar la capa activa de la celda solar con base en una capa activa compuesta por tres materiales. A esta configuración se le conoce como de tipo ternario. Si se comparara con la eficiencia de las celdas solares convencionales que existen en el mercado, estaríamos hablando de una alta eficiencia.

La Figura 3 muestra un esquema de la arquitectura básica de una celda solar orgánica del tipo ternaria. La arquitectura consiste fundamentalmente de tres partes: electrodo superior, capa activa y

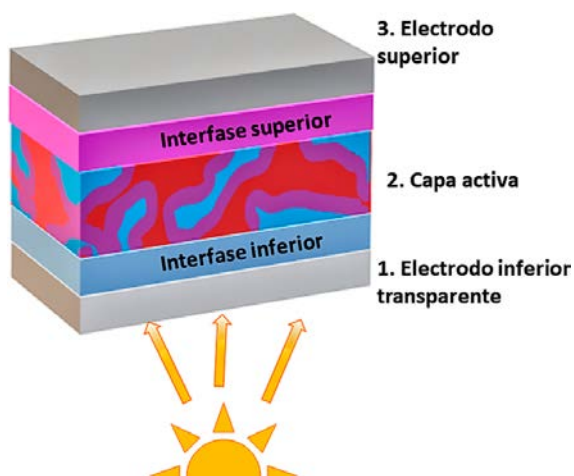


Figura 3. Esquema de la arquitectura básica de una celda solar orgánica del tipo ternaria.

electrodo inferior transparente. El efecto fotovoltaico sucede en la capa activa, generando dos flujos de cargas eléctricas, uno es negativo y el otro positivo. La carga eléctrica negativa fluye hacia el electrodo superior mientras que la positiva lo hace hacia el electrodo inferior transparente. Sin embargo, en el proceso de transporte de carga eléctrica de la capa activa a los electrodos, existen pérdidas en las interfases que se traducen en una reducción de la eficiencia. Si mejoramos las interfases entre la capa activa y los electrodos, se podría mejorar la eficiencia. Así, la eficiencia puede ser incrementada al mejorar los procesos que suceden en cada una de las partes del esquema.

En México, diversos trabajos de investigación se han enfocado en la implementación de nuevos materiales para los diferentes componentes de la configuración de una celda solar, particularmente la capa activa, las capas de transporte y los electrodos.

A continuación, se mencionan algunos ejemplos de aporte científico mexicano en cada una de las tres zonas de las celdas solares orgánicas:

1) En la capa activa. Romero-Borja *et al.* (2018) utilizaron grafeno en solución como componente en una capa activa compuesta de un polímero y una pequeña molécula. Ellos alcanzaron un incremento en la eficiencia de 5.5 % hasta 6.7 % al incorporar el grafeno en la capa activa.

2) En películas de transporte de carga eléctrica. Amargós *et al.* (2020) utilizaron óxido de grafeno mezclado con un polímero semiconductor como capa transportadora de huecos. Esto resultó en una eficiencia del 8.2 %, mientras que solo utilizar el óxido de grafeno resultó en una eficiencia del 5.3 %.

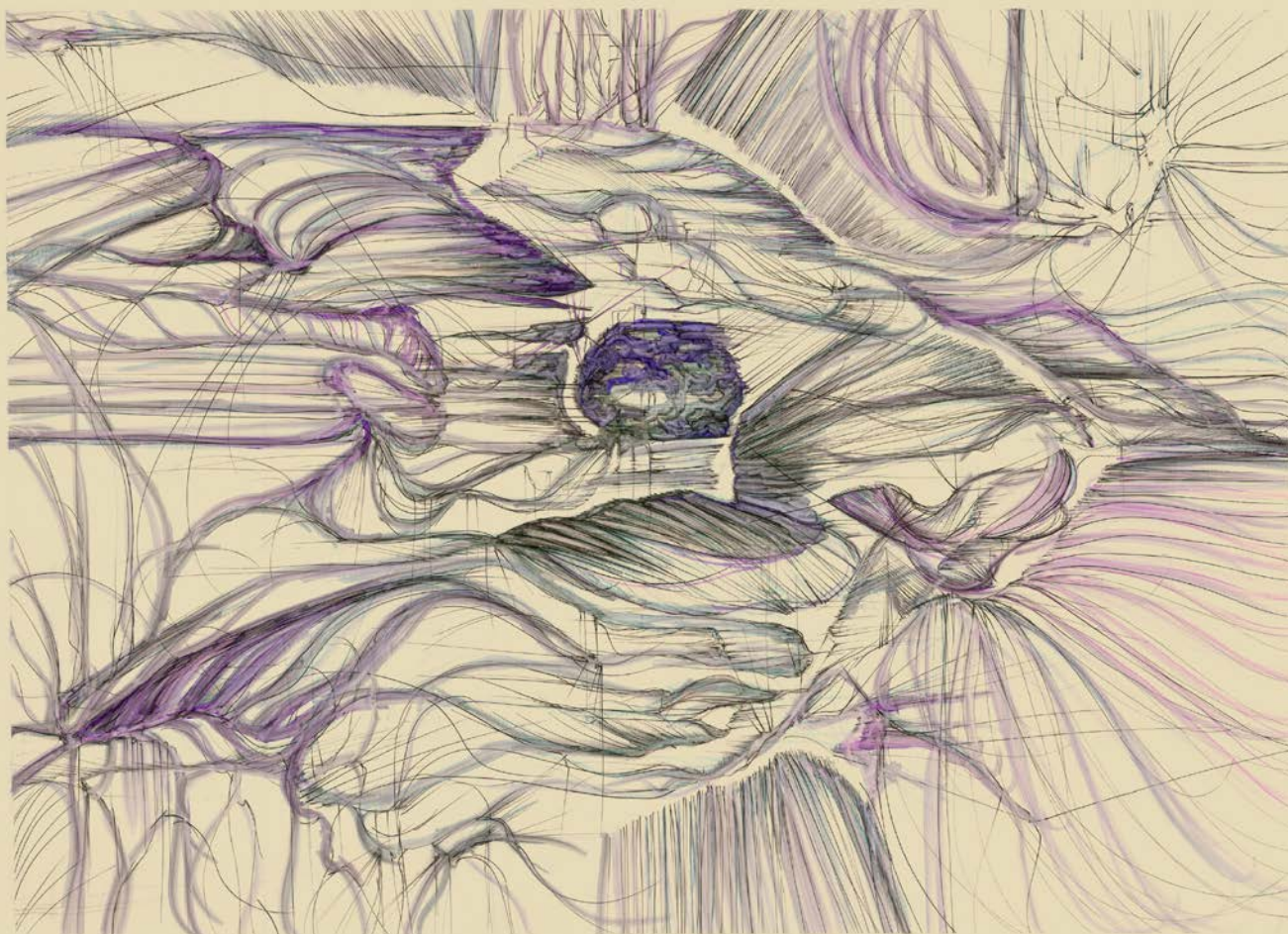
3) En los electrodos. Fernández *et al.* (2021) investigaron una alternativa al contacto transparente convencional usado en las celdas solares orgánicas. Para ello, utilizaron un derivado de grafeno mezclado con un polímero semiconductor procesado en solución. Al usar estos materiales, se logró una eficiencia de 4.2 %.

Nuestro grupo de investigación en Ciencia y Tecnología Sustentable (CITECSUS) se ha enfocado en explicar el comportamiento eléctrico de las celdas solares orgánicas. Para ello, se han implementado diversos modelos físicos (Nolasco *et al.*, 2019). Entender los factores que afectan a las celdas solares orgánicas sirve para diseñar el dispositivo e identificar cuantitativamente las pérdidas de energía, para así proponer mejoras en el dispositivo.

Algunos retos en que la comunidad científica trabaja actualmente son: 1) la degradación de las celdas solares orgánicas debido al ambiente, y 2) la búsqueda de una alta eficiencia utilizando materiales orgánicos con métodos de elaboración simple. Se espera que en un futuro cercano estos temas sean comprendidos y sea posible diseñar y fabricar celdas solares orgánicas que compitan con los modelos comerciales.

REFERENCIAS

- Adam D (2022). World population hits eight billion –here's how researchers predict it will grow. *Nature*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/d41586-022-03720-6>.
- Amargós O, Caballero I, Maldonado J-L, Nicasio J and Romero D (2020). Single graphene derivative layer as a hole transport in organic solar cells based on PBDB-T:ITIC. *Applied Optics* 59(27):8285.
- Becquerel AE (1839). Recherches sur les effets de la radiation chimique de la lumière solaire au moyen des courants électriques. *C R Acad Sci* 9:145-149.
- Bhaskaran M, Sriram S and Iniewski K (2014). *Energy Harvesting with Functional Materials and Microsystems*. CRC Press.



© Héctor Salazar. Exp-animal-4-aco-met-20 mg, 50 x 70 cm, glossy paper, precision pen, 2023.

Suresh DS, Vandana M, Veeresh S, Ganesh H, Nagaraju YS, Vijeth H, Basappa M and Devendrappa H (2022). Low Cost Synthesis and Characterization of Donor P3HT Polymer for Fabrication of Organic Solar Cell. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1221(1):012060.

Fernández Y, Maldonado J-L, Nicasio J, Meneses M-A, Rodríguez M, Barbosa O, Sierra U, Fernández S and Frontana BA (2021). Solution processable graphene derivative used in a bilayer anode with conductive PEDOT:PSS on the non-fullerene PBDB-T:ITIC based organic solar cells. *Solar Energy* 225: 656-665.

Nolasco JC, Castro-Carranza A, León YA, Briones C, Gutowski J, Parisi J and von Hauff E (2019). Understanding the open circuit voltage in organic solar cells on the basis of a donor-acceptor abrupt (p-n++) heterojunction. *Solar Energy* 184:610-619.

Park SH, Kwon NY, Jung SH, Harit AK, Woo HY, Cho MJ and Choi DH (2023). Enhanced Efficiency and Stability of Novel Pseudo-ternary Polymer Solar Cells Enabled by a Conjugated Donor Block Copolymer. *ACS Applied Materials & Interfaces* 15(16):20266.

Romero-Borja D, Maldonado J-L, Barbosa-García O, Rodríguez M, de León, A, Fernández S and Pérez-Gutiérrez E (2018). Organic solar cells based on graphene derivatives and eutectic alloys vacuum-free deposited as top electrodes. *Carbon* 134:301-309.

Zhou Y (2013). *Eco- and Renewable Energy Materials*. Springer Berlin Heidelberg.

Aldo Giovanni Vázquez Guzmán
Jairo César Nolasco Montaño
Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología
MICRONA, Universidad Veracruzana
janolasco@uv.mx

Saponinas: una alternativa para el aprovechamiento de los agaves

Alba de Jesús **Pech Matú**
Lorenzo Felipe **Sánchez Teyer**

Las plantas han generado grandes beneficios para el ser humano más allá de producir el oxígeno que respiramos y ser fuente de alimento. Uno de los más preciados es el uso medicinal de muchas especies; esta y otras propiedades se deben al contenido de compuestos químicos en ellas, de los cuales existe una gran diversidad. En este trabajo nos enfocamos en las saponinas.

Su nombre proviene del latín *sapo*, que significa jabón, debido a su capacidad de formar espuma al ser mezcladas con agua. Esta propiedad ha sido aprovechada como detergente natural por tribus chilenas desde 1716, fecha de los primeros registros sobre el uso de la corteza del árbol *Quillaja saponaria* para lavar prendas de lana (Rodríguez, 2021); sin embargo, estos compuestos no son exclusivos de este árbol.

Las saponinas son producidas por muchas especies de plantas, aunque también están presentes en estrellas y pepinos de mar. En el caso de las plantas, estos compuestos son parte de su sistema de defensa contra hongos, bacterias y depredadores, pero el ser humano, a lo largo del tiempo, encontró una forma diferente de aprovecharlos.

Sharma y colaboradores (2023) señalan que, en general, las saponinas poseen un inmenso potencial terapéutico como compuesto hipoglucemiante, antiasmático, antioxidante, antihipertensivo y antimicrobiano.

En realidad, hablamos de una familia enorme de compuestos químicos y, como en todas las familias, cada integrante tiene una característica que lo vuelve único; en este caso, cada miembro posee una estructura química particular que hace que sus propiedades cambien. Gracias a esto se fueron descubriendo otras posibles aplicaciones para cada tipo de saponina.

SAPONINAS EN NUESTRA MESA

Al estar presentes en una variedad de plantas, nos hemos beneficiado de estos compuestos sin ser conscientes, pues parte de nuestra dieta se basa en el consumo de plantas y sus derivados que contienen saponinas, por lo que su aprovechamiento es tan sencillo como prepararse un licuado de avena.

La avena es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial por su aporte de fibra y beneficios a la salud, gracias a que disminuye los niveles de colesterol, propiedad que se debe en parte a los avenacósidos, saponinas presentes en los granos de este cereal (Raguindin *et al*, 2020).

De manera similar, al disfrutar una taza de té, además de otros compuestos consumimos las saponinas de la planta del té (*Camelia sinensis*) con las que se han hecho estudios para analizar su efectividad para prevenir el cáncer de hígado, mostrando resultados prometedores (Fan *et al*, 2020).

En las legumbres (soya, frijol, garbanzos, lentejas, etc.), se encuentran saponinas que son responsables de su efecto en la prevención del cáncer, reducción del colesterol y efecto antiinflamatorio, aunque varía de acuerdo con el tipo de legumbre y tiempo de cocción (Singh *et al*, 2017). Por ejemplo, las saponinas presentes en la cáscara del frijol negro pueden reducir la formación de grasa en el hígado y favorecer la pérdida de colesterol (Chávez-Santoscoy *et al*, 2014) (Ver Figura 1).

Otros alimentos que también tienen saponinas son el tomate, las espinacas y las semillas de chiles.



Figura 1. Alimentos fuente de saponinas y diversas estructuras químicas de esta familia de compuestos.

LAS SAPONINAS EN LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Las saponinas también han resultado útiles en la lucha por el cuidado del medio ambiente. En este ámbito, Liu y colaboradores (2017) señalan que las saponinas son capaces de atrapar las moléculas de los metales pesados, removiendo desde un 70 % hasta el 100 % de estos contaminantes. Los metales pesados son todos aquellos metales que puedan ser tóxicos (plomo, arsénico, cobre, zinc, entre otros) y se encuentran presentes en suelos y aguas, generando contaminación y afectando la biodiversidad.

UN COMPUESTO BENÉFICO PARA EL CAMPO

De igual manera, el sector agrícola ha encontrado la forma de beneficiarse con las saponinas, pues se encuentra estudiando su uso como insecticidas para el control de plagas como pulgones, escarabajos, gorgojos, chicharritas, gusanos y polillas en diversos cultivos. Su uso en el control biológico se debe a sus efectos en el crecimiento y la reproducción de los insectos, además de que daña su sistema digestivo, por lo que dejan de alimentarse (Singh y Kaur, 2018).

SAPONINAS EN LA LUCHA CONTRA LA PANDEMIA

Durante la crisis enfrentada por la pandemia de COVID-19, las saponinas despertaron el interés de la

industria farmacéutica debido a su utilidad en la elaboración de diversos productos, como las vacunas; gracias a su capacidad adyuvante incrementan la efectividad de estas. Incluso, en Chile, las saponinas purificadas del árbol *Quillaja saponaria* se han utilizado para la fabricación de vacunas contra la COVID-19 (Rodríguez, 2021).

Diosgenina y tigogenina son saponinas utilizadas en la síntesis de anticonceptivos y hormonas sexuales; de igual manera, estas saponinas son utilizadas como materia prima para la elaboración de fármacos como la dexametasona e hidrocortisona, los cuales son medicamentos antiinflamatorios que se están utilizando para el tratamiento de pacientes con COVID-19 en los casos en que es necesario suministrar oxígeno (Beaumont *et al*, 2023).

Estas saponinas se obtienen de plantas como la *Dioscorea macrostachya*, de donde proviene la diosgenina, y el *Agave sisalana*, que es fuente natural de tigogenina y hecogenina (Sidana *et al*, 2016), compuestos que se utilizan para la síntesis de cortisona, un medicamento de tipo esteroide.

PRESENCIA EN AGAVES

Las plantas del género *Agave* representan un importante recurso económico para el país debido a sus diversas aplicaciones en la producción de bebidas alcohólicas, alimentos y fibras naturales; también han llamado la atención por ser fuente natural de saponinas de tipo esteroidal. Hasta el momento se han identificado más de 50 especies de *Agave* con constituyentes de saponina; estos son quizá los compuestos más estudiados del género (Sidana *et al*, 2016), debido a los beneficios a la salud mencionados.

El uso de los agaves como fuente productora de saponinas representa una alternativa en la búsqueda del aprovechamiento integral de este tipo de planta, y puede generar mayor beneficio económico y a la salud en nuestro país.

EL LADO NEGATIVO

A pesar de sus propiedades benéficas, se debe tener cuidado con las saponinas, pues tienen efectos

negativos. La toxicidad de estos compuestos depende de su dosificación, por lo tanto, varía mucho.

En casos severos de ingesta, es posible que se produzcan lesiones o irritación en el estómago, y si entran en el torrente sanguíneo tienen el potencial para afectar el hígado e incluso producir convulsiones, coma e insuficiencia respiratoria. Es importante mencionar que hasta la fecha no se ha observado un efecto adverso tan drástico por el consumo oral de saponinas en ningún ser humano (Sharma *et al*, 2023).

EN RESUMEN

Las saponinas son un grupo diverso de compuestos químicos con una amplia gama de aplicaciones biológicas como citotóxicas, insecticidas, antiinflamatorias e incluso para atrapar moléculas de metales pesados.

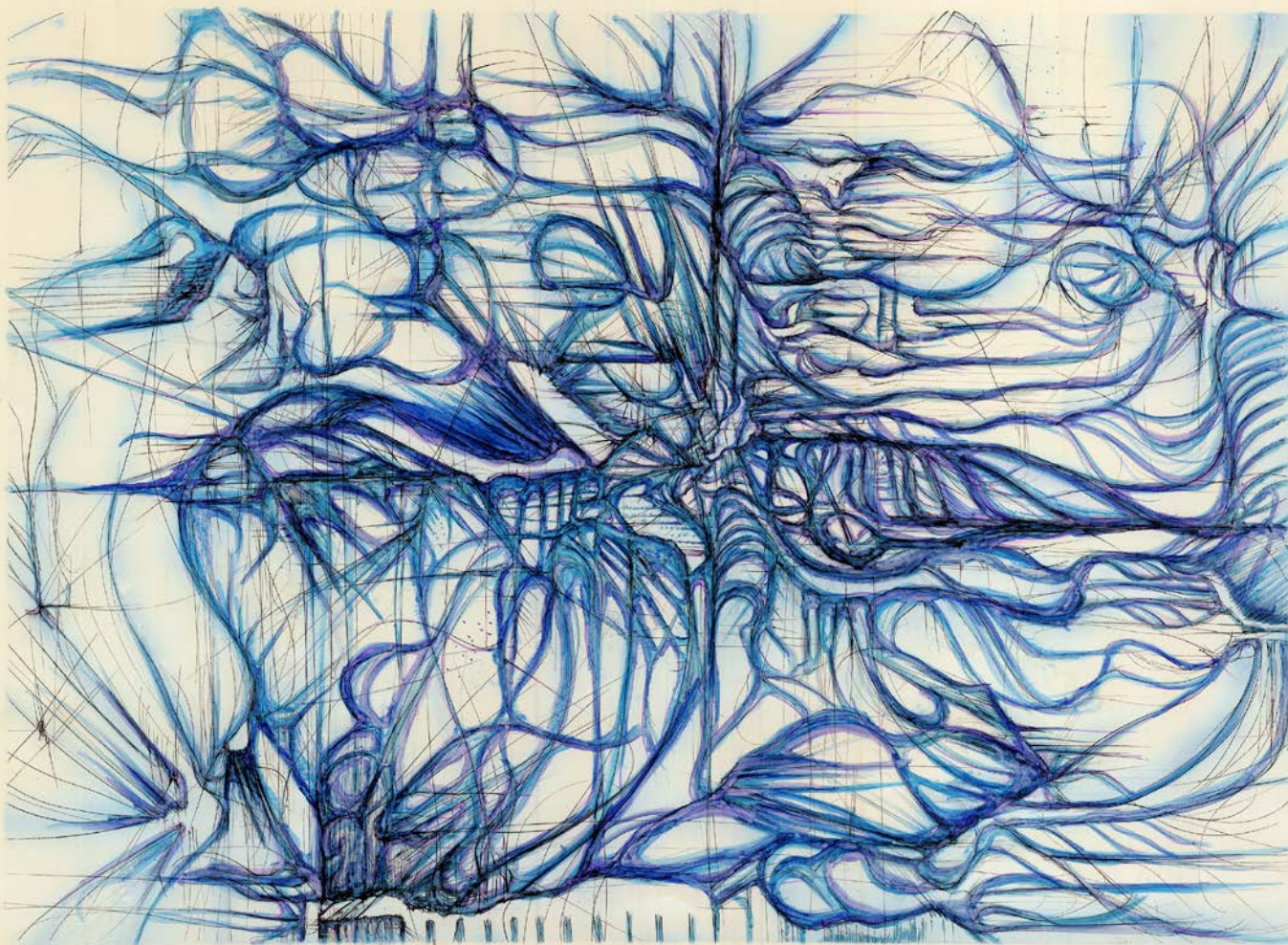
Estos compuestos se encuentran distribuidos en muchos tipos de plantas; en los agaves se ha detectado una gran variedad de saponinas del tipo esteroidal, y es posible que representen una alternativa de aprovechamiento enfocada en la economía circular, puesto que los agaves son de gran importancia económica en nuestro país.

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCYT por la beca otorgada con número de apoyo 816268.

R E F E R E N C I A S

- Beaumont A L, Rozencwajg S, Peiffer-Smadja N and Montravers P (2023). COVID-19: Brief overview of therapeutic strategies. *Anaesthesia, critical care & pain medicine* 42(1):101181.
- Chavez-Santoscoy R, Gutiérrez J, Granados UO, Torre VI, Serna SS, Torres N and Tovar AR (2014). Flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats modulate lipid metabolism and biliary cholesterol secretion in C57BL/6 mice. *British Journal of Nutrition* 112:886-899.
- Fan L, He Y, Xu Y, Li P, Zhang J and Zhao J (2020). Triterpenoid saponins in tea (*Camellia sinensis*) plants: biosynthetic gene expression, content variations, chemical identification and cytotoxicity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 72(3):308-323.



© Héctor Salazar. Exp-animal-5-aco-met-20 mg. 50 x 70 cm, glossy paper, precision pen, 2023.

Liu Z, Li Z, Zhong H, Zeng G, Liang Y, Chen M,... Shao B (2017). Recent advances in the environmental applications of biosurfactant saponins: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 5(6):6030-6038.

Raguindin PF, Itodo OA, Stoyanov J, Dejanovic G, Gamba M, Asllanaj E, Minder B, Bussler W, Metzger B, Muka T, Glisic M, Kern H (2020). A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat. *Food chemistry* 338:127982.

Rodríguez Díaz M (2021). Quillay y saponinas en épocas de covid-19. *Cuadernos Médico Sociales*, 61(3):75-77.

Sharma K, Kaur R, Kumar S, Saini RK, Sharma S, Pawde SV and Kumar V (2023). Saponins: a concise review on food related aspects, applications and health implications. *Food chemistry advances* 2:100191.

Sidana J, Singh B and Sharma OP (2016). Saponins of Agave: Chemistry and bioactivity. *Phytochemistry* 130:22-46.

Singh B and Kaur A (2018). Control of insect pests in crop plants and stored food grains using plant saponins: A review. *LWT - Food Science and Technology* 87:93-101.

Singh B, Singh JP, Singh N and Kaur A (2017). Saponins in pulses and their health promoting activities: A review. *Food Chemistry* 233:540-549.

Alba de Jesús Pech Matú
Lorenzo Felipe Sánchez Teyer
Unidad de Biotecnología
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
albamatu.bt@gmail.com

¿Dónde está la Economía Social y Solidaria?

Lilián **Hernández Nolasco**
Luis Enrique **López Tolentino**

Las condiciones del mundo, las crisis ambientales, sociales, de seguridad, y la más reciente, de salud (COVID-19), han visibilizado la necesidad de coexistir con otras formas de economía. Sobre todo cuando se han cerrado fronteras, modificado formas de producción, quebrado empresas y generado un aumento desmedido de desempleados; cuestionando la economía de mercado como la única forma natural de economía (Polanyi, 1997).

La vulnerabilidad de la humanidad se ha expuesto de forma generalizada y afecta principalmente a las clases marginadas, lo que da la pauta para revalorar otras formas de hacer economía, en este caso la de la Economía Social y Solidaria (ESS), un modelo en el que coinciden representantes de las ciencias sociales, naturales y exactas, economistas y las comunidades territoriales o virtuales que buscan nuevos paradigmas (Collin, 2012).

Hablar de ESS cada vez es más común, especialmente desde su incorporación a formas más institucionales.

De acuerdo con Cabrera (2017), en América Latina se ha dado de diversas maneras: a) con reconocimiento explícito desde las constituciones políticas; b) con legislaciones específicas, y c) con la incorporación de políticas públicas.

En el caso de México, su institucionalidad se da con la aprobación de la Ley de Economía Social y Solidaria

el 12 de abril del 2012 (Cámara de Diputados del Congreso de la Unión de México, 2012).

Al mismo tiempo, se creó el Instituto Nacional de la Economía Social (INAES) y los Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS), que son alianzas voluntarias entre distintos actores (universidades, organismos del sector público y colectivos o sociedades cooperativas) que dan atención a problemas comunes relacionados con la ESS (Secretaría de Gobierno, 2023).

No obstante, el fomento de la ESS en México también se da desde la academia y las organizaciones no gubernamentales (Hernández & Ramírez, 2022).

Pero más allá de una oleada de prácticas nacionales e internacionales –tanto del sector público como del privado– relacionadas con la ESS, aún existe ambigüedad en su reconocimiento, en razón de lo cual cabe preguntar: ¿dónde se encuentra la ESS? o ¿cuándo se puede decir que se está frente a la ESS?.

ECONOMÍA SOCIAL Y ECONOMÍA SOLIDARIA: GÉNESIS CONCEPTUAL

Abordar de forma separada la Economía Social y la Economía Solidaria permite vislumbrar la unión de ambos términos. Desde la definición general de economía, es posible precisar elementos que caracterizan a la ESS. En este sentido, Polanyi (1944), citado por García (2022), define la economía de mercado como

[...] un sistema económico controlado, regulado y dirigido por los precios del mercado; el orden en la producción y en la distribución de bienes se confía en ese mecanismo regulador. Para ello, los seres humanos adoptan comportamientos racionales a manera de maximizar sus ganancias monetarias, bajo el supuesto de que los mercados suministran los bienes, cuyo precio será determinado por la demanda. (p. 12)

A partir de lo anterior, se logra visibilizar que para hacer economía es trascendental la participación y comportamiento del ser humano, tanto individual como colectivamente. En consecuencia, con la finalidad de regular la intervención del individuo en la economía, se admite un marco de valores, principios, instituciones y prácticas que motiven la correcta organización, distribución, comercialización y consumo en la producción de bienes y servicios. Esto permitirá resolver necesidades y deseos en la comunidad.

De manera independiente, en el marco de lo que es la Economía Social, es notable la importancia que se le da al papel del individuo en la economía, ya que se asume que este es un sujeto social por naturaleza. Por ende, requiere de un grado de integración con su comunidad; de esta manera se impulsan y fortalecen los lazos de interacción de todos los individuos del colectivo con la finalidad de lograr una mayor cohesión social. Algo similar ocurre con la Economía Solidaria, que se concibe a partir del valor moral supremo de ser solidario –es decir, la colaboración mutua entre individuos–, lo que implica “cooperar, sumar recursos y responsabilidad, para proyectar colectivamente” (Coraggio *et al.*, 2016, p. 25).

Lo anterior pone en evidencia que la Economía Social y la Economía Solidaria son conceptos complementarios, pues coinciden en que el ser humano es el elemento integrador de las relaciones económicas y rescatan valores como la participación, cooperación, organización, fraternidad y equidad.

Acorde con lo anterior, más allá de la dinámica de mercado –de oferta y demanda– que regula el sistema económico, tal como lo señalan Coraggio *et al.*, (2016) ambos conceptos consideran otras formas de interacción suscitadas en la dinámica económica y conforman un proyecto de acción colectiva (incluyendo prácticas estratégicas de transformación y cotidianas de reproducción) dirigido a contrarrestar las tendencias socialmente negativas del sistema existente, con la perspectiva de construir un sistema económico alternativo integrado a una sociedad justa y equilibrada.

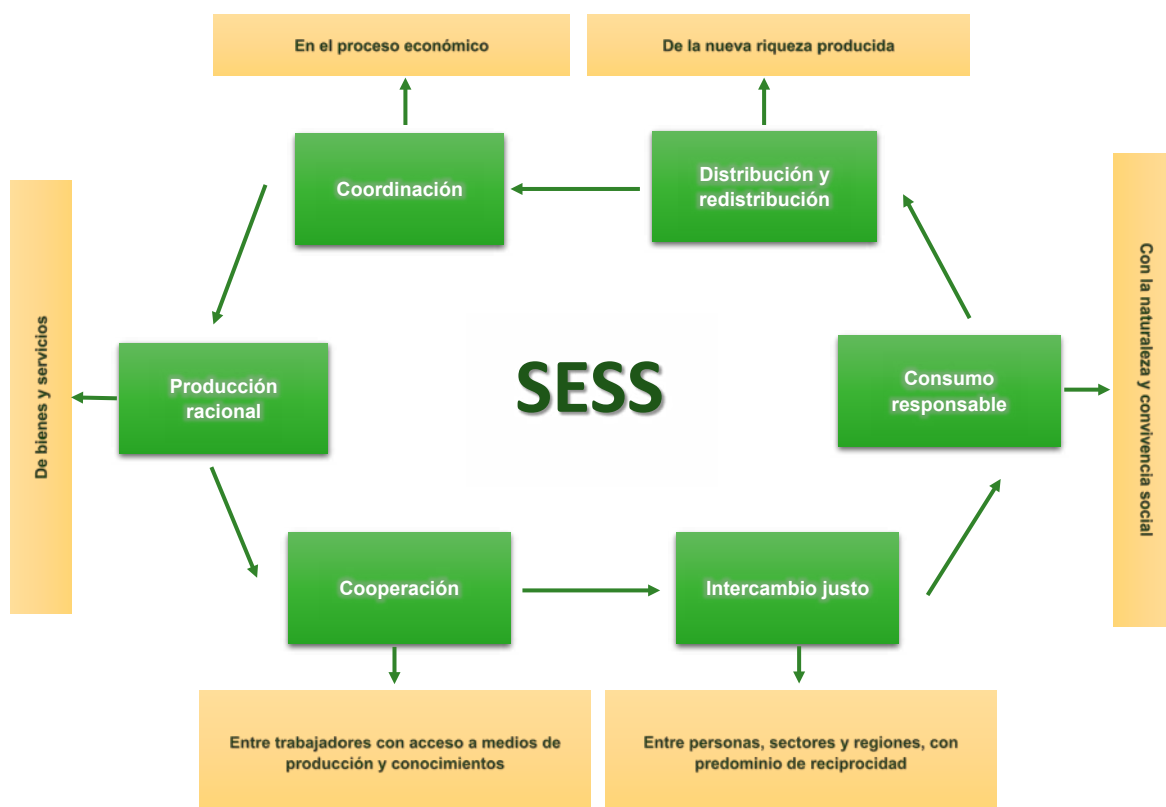


Figura 1. El sistema Económico Social y Solidario (SESS). Imagen de creación propia con base en Coraggio et al. (2016).

SOBRE LA DISTINCIÓN DE LA ESS

Las acciones que distinguen a la ESS se desenvuelven en un espacio que funciona como un Sistema Económico Social y Solidario (SESS) que, según Coraggio *et al.*, (2016) es:

[...] el sistema histórico de instituciones, valores y prácticas (recurrentes, por costumbres, por eficacia comprobada, jurídicas...) mediante el cual cada comunidad, conjunto de comunidades o sociedad, organiza y coordina el proceso económico. (p. 18)

El SESS se compone de seis ejes principales que rigen el modo de las relaciones económicas (Figura 1).

Este SESS es visto como una alternativa distinta al capitalismo, puesto que, como afirma Galicia (2021), la ESS considera una diversidad de actores económicos que no se comportan como

consumidores o productores; asimismo, no están limitados a un actuar individual, egoísta o racional como el *Homo economicus*.

En esta línea, vale la pena distinguir las acciones de lo que es y lo que no es la ESS (Tabla 1).

Ciertamente, la ESS se presenta en un modo alternativo al capitalismo; a pesar de ello, emergen prácticas, organizaciones, instituciones, acciones físicas y digitales que se nombran ESS pero que difícilmente modifican su lógica de reproducción (producir para vender), en virtud de lo cual Collin (2012) se pregunta si acaso la ESS es solo capitalismo moralizado.

Aunque Santos (2011), en una postura menos radical, asegura que estas prácticas no se separan del mercado, pero sí realizan actos contrahegemónicos al capitalismo y, por tanto, se predisponen como alternativas económicas basadas en principios sociales y solidarios.

Familia	Especie
• Es producir sociedad y generar valores de uso para cubrir necesidades de los mismos productores o sus comunidades. • Es utilizar recursos endógenos –propios de un territorio– para fomentar el desarrollo local. • Es desarrollar relaciones de mercado con dosis de solidaridad y precios justos. • Es fomentar el desarrollo de lazos sociales vinculados a la satisfacción de necesidades materiales, sociales y de recuperación de derechos. • Es una economía con enfoque moral cuya propiedad y control reside en la sociedad civil, denominada economía del “tercer sector”. • Es desarrollar una relación orgánica entre el hombre-naturaleza, poniendo a la ecología en el centro del negocio.	• No solo es generar utilidades económicas. • No está orientada al lucro, por ende, no se centra en la maximización de beneficios-minimización de costos. • No se trata de una relación compra-venta o de producir y acumular ganancias, por lo tanto, no se cae en una lógica de reproducción ampliada del capital. • No es una economía de los “pobres”, sino una propuesta para activar las capacidades de todos los ciudadanos. • No es una economía que pertenece al sector público o gubernamental.

Tabla 1. Lista de acciones que distinguen a la ESS de aquellas que no lo son. Tabla propia con base en *Economía Social y Solidaria: el trabajo antes que el capital* (p. 41-52), por J. L. Coraggio, 2011, Abya-Yala Ediciones.

ESPACIOS RECONOCIDOS DESDE LA ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA

Actualmente, existe un gran número de prácticas y de actores con la intención de construir otra visión de la economía. Estos elementos son difíciles de contabilizar porque, en la mayoría de los casos, no tienen formas de medición y, por supuesto, ello hace difícil su visibilización. Algunas de estas prácticas pueden ser planteadas desde la diversidad del proceso que albergan. De acuerdo con el Laboratorio de Innovación Económica y Social (LAINES, 2020) se identifican 5 procesos (Figura 2):

A) Solidarios. Aquellos concernientes a temas comunitarios con características originarias. Tal es el caso del trueque, la mano vuelta, el tequio y las prácticas de Guelaguetza en las bodas o en las defunciones, esta última utilizada en el estado de Oaxaca, México.

B) De consumo. Involucran la adquisición de bienes finales de manera conjunta. Los colectivos que buscan mejores precios para bienes o servicios

finales, algunos se formalizan, pero otros no. En México es posible reconocer a la Sociedad Cooperativa Tosepan Titataniske (ubicada en la Sierra Nororiental de Puebla) como una de las organizaciones más reconocidas desde la mirada de la ESS. Otra práctica que se ha dinamizado en México es la creación de mercados solidarios.

C) Productivos. Consideran procesos en los que existe una transformación de la materia prima en bienes de consumo e incluyen el valor agregado. Una muestra de este tipo de organizaciones es Quali, un grupo de empresas sociales cooperativas que operan una cadena agroindustrial de alimentos nutritivos elaborados de amaranto con presencia en los estados de Puebla, Oaxaca e Hidalgo.

D) Financieros. Existe una gran cantidad de cooperativas de crédito y ahorro, pero también se han conformado múltiples grupos de ahorro. Siendo las cooperativas de ahorro y crédito las organizaciones –en el caso de México– que concentran la mayor cantidad de socios. Tal es el caso de la Sociedad Cooperativa de Ahorro y Préstamo Tosepantomin (en Puebla) la cual, según la Comisión Nacional



Figura 2. Estructura de clasificación de la ESS. Imagen de creación propia con base en la estructura de clasificación de ESS diseñada desde el Laboratorio de Innovación Económica y Social (LAINES, 2020).

para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF, 2022), cuenta con 48,251 socios en un total de 9 sucursales.

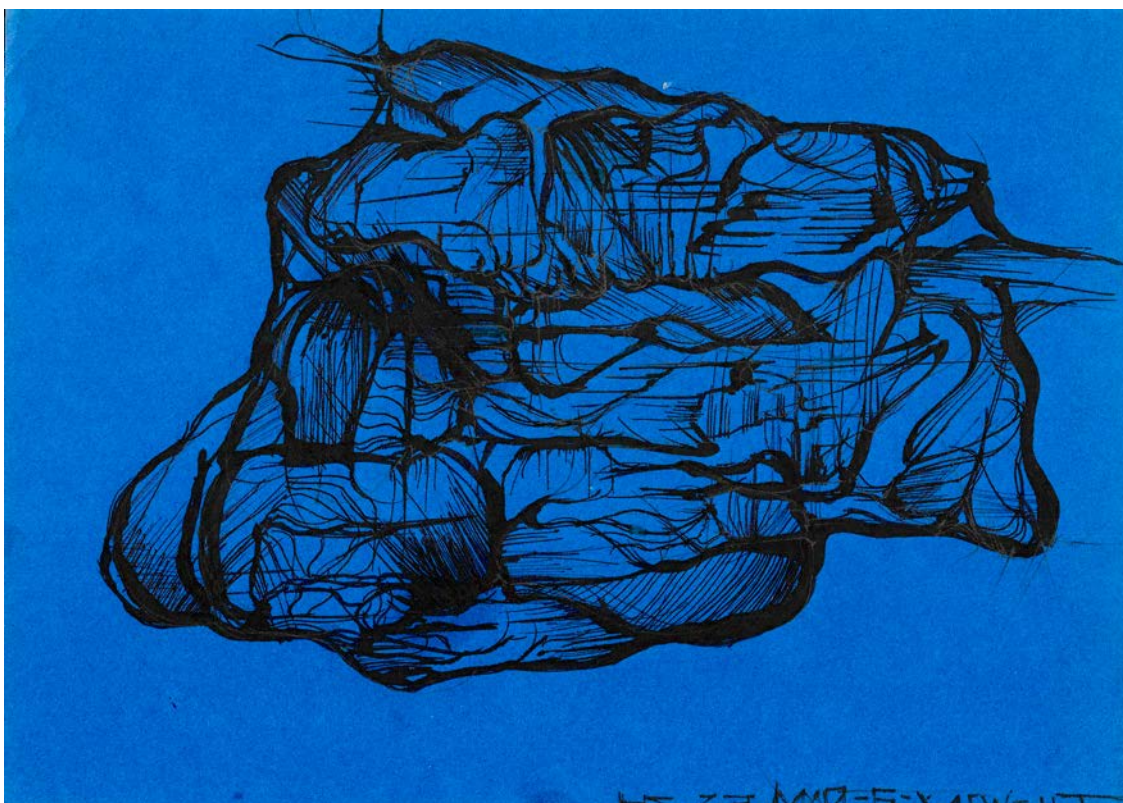
E) De estructuras digitales. El uso de plataformas digitales se incrementó a partir de la pandemia por COVID-19, ahora es posible encontrar mercados digitales que venden productos de diversos colectivos de artesanos y de pequeños productores. Asimismo, distintas sociedades cooperativas han creado sus propias plataformas de comercio electrónico. En México, tienen mayor importancia las prácticas que provienen de las formas de organización denominados Organismos del Sector Social de la Economía (OSSE). Los que de acuerdo con la Ley de Economía Social y Solidaria del 2012 son

[...] ejidos, comunidades, organizaciones de trabajadores, sociedades cooperativas, empresas que pertenecen mayoritaria o exclusivamente a los trabajadores y, en general, de todas las formas de organización social para la producción, distribución y consumo de bienes y servicios socialmente necesarios. (Cámara de Diputados del Congreso de la Unión de México, 2012, p. 2)

Es relevante indicar que una de las formas que ha recibido mayor impulso es la sociedad cooperativa en procesos productivos, de consumo y financieros.

REFLEXIÓN FINAL

En un mundo en el que la mayoría de las personas conviven en torno a una economía de mercado, la ESS se pone de manifiesto como otra forma de economía o alternativa económica. La ESS, actualmente, es un concepto con característica multiforme por la propia dinamización de las alternativas que surgen en el mundo. Desde lo social, concibe la sinergia que acontece en lo colectivo. Mientras que, desde lo solidario, reconoce que la economía no debe ser reducida a un acto de compra-venta, puesto que implica un conjunto de relaciones construidas en las sociedades. Cabe señalar que existen diversas posturas al hablar de la ESS, aun cuando las más aceptadas por los gobiernos nacionales son las que se sustentan en lo social antes que en lo solidario, en especial, por la intención de que exista una formalización de las prácticas de ESS. En consecuencia, la ESS se encuentra, por un lado, en aquellas prácticas históricas, cotidianas e intrínsecas a las sociedades que buscan la satisfacción de las necesidades pero que no recurren al mercado para lograrlo. Por otro lado, en formas colectivas con reconocimiento jurídico que asumen procesos económicos y que, en su mayoría, operan como colectivos, sociedades cooperativas o mutuales. En años recientes ha acontecido un mayor fomento a la ESS y con él su visibilización. No obstante, en la mayoría de los casos, dichas alternativas no se alejan de la economía de mercado, aunque en su gestión realizan actividades contrahegemónicas al capitalismo, al colocar en el centro el bienestar de las personas y el coexistir de manera armoniosa con la naturaleza. Finalmente, el paradigma actual de la ESS hace necesario un cuestionamiento hacia la desmitificación de sus propias nociones. La ESS debe abordarse desde cualquier actividad económica, desde la red y la interoperación, ya que estas prácticas no deben ser



delegadas únicamente a los pueblos originarios como otras formas de convivencia y de supervivencia.

REFERENCIAS

Cabrera F (2017). *Economía Social y Solidaria en la legislación de algunos países latinoamericanos*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Recuperado de: <https://bit.ly/3NcVJbB>.

Cámara de Diputados del Congreso de la Unión de México. (2012, 12 de abril). *Ley de Economía Social y Solidaria*. Diario oficial de la federación. Recuperado de: <https://bit.ly/41EFrgj>.

CONDUSEF. (2022). *Ficha-Tosepantomín*. Recuperado de: <https://bit.ly/429Dus5>.

Collin L (2012). *Economía solidaria: ¿Capitalismo moralizado o movimiento contracultural?* El Colegio de Tlaxcala, Ciencia Básica-CO-NACYT, SEP-CONACYT.

Coraggio JL (2011). *Economía social y solidaria: el trabajo antes que el capital*. Universidad Politécnica Salesiana.

Coraggio JL, Hillenkamp I, Farah I; Jiménez J, Vega S, Pérez E (2016). *Economía social y solidaria: conceptos, prácticas y políticas públicas*. Universidad del País Vasco y Euskal Herriko Unibertsitatea.

Galicía E (2021). *Economía Social y Solidaria y ciclo industrial: elementos de una nueva vía alterna de desarrollo en Bolivia y Ecuador*.

La Economía Social y Solidaria como propuesta socioeconómica alternativa (pp. 22-50). Recuperado de: <https://bit.ly/40mHNiu>.

García Q (2022). Escuela Abierta de Economía Social y Solidaria: una propuesta de enseñanza y fortalecimiento de la Economía Social y Solidaria en la Ciudad de México. *Marco conceptual de la Economía Social y Solidaria* (pp. 11-32). Recuperado de: <https://bit.ly/3LeOGhi>.

Hernández L y Ramírez M (2022). El fomento a la Economía Social y Solidaria en México. *Otra Economía*, 15(27), 103-122. Recuperado de: <https://bit.ly/3LeVeMT>.

LAINES (2020). Ejemplos y Prácticas de la Economía Social y Solidaria. En V. Reyes (Comp.), *La economía social y solidaria, una vía para resolver nuestras necesidades*, (pp. 2-11). Universidad Iberoamericana.

Polany K (1997). *El sustento del hombre*. Capitán Swing Libros.

Santos B de S (2011). Introducción. En de Sousa Santos, Boaventura (Coord.). *Producir para vivir: los caminos de la producción no capitalista* (pp. 63-102). Fondo de Cultura Económica. Recuperado de: <https://bit.ly/3KUqdN1>.

Secretaría de Gobierno. (2023). *Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria NODESS*. Recuperado de: <https://bit.ly/3VhC3p1>.

Lilián Hernández Nolasco
Departamento de Ciencias Empresariales
Universidad del Istmo

Luis Enrique López Tolentino
Universidad Autónoma Metropolitana
luisenriquefoto@hotmail.com

