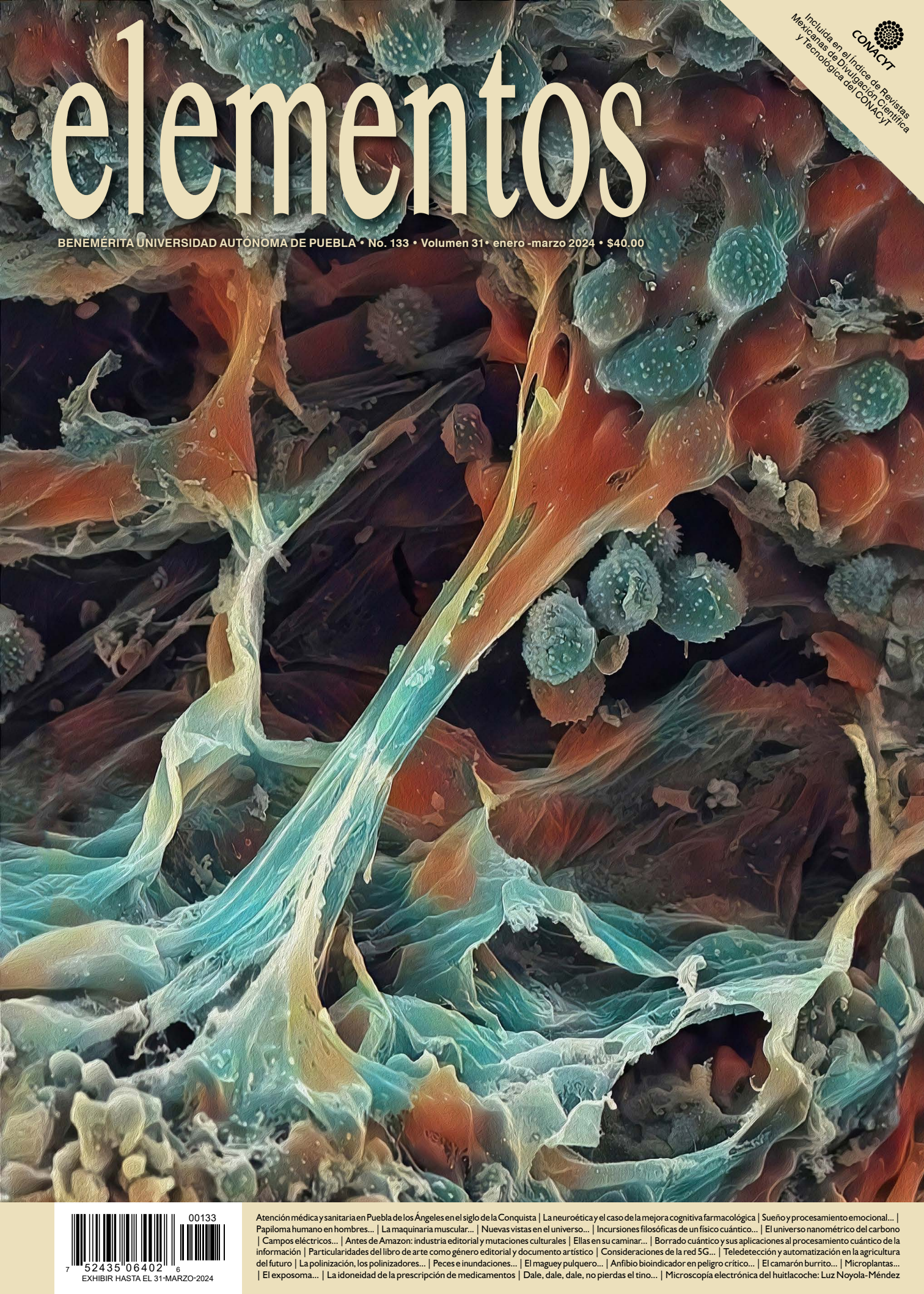


elementos

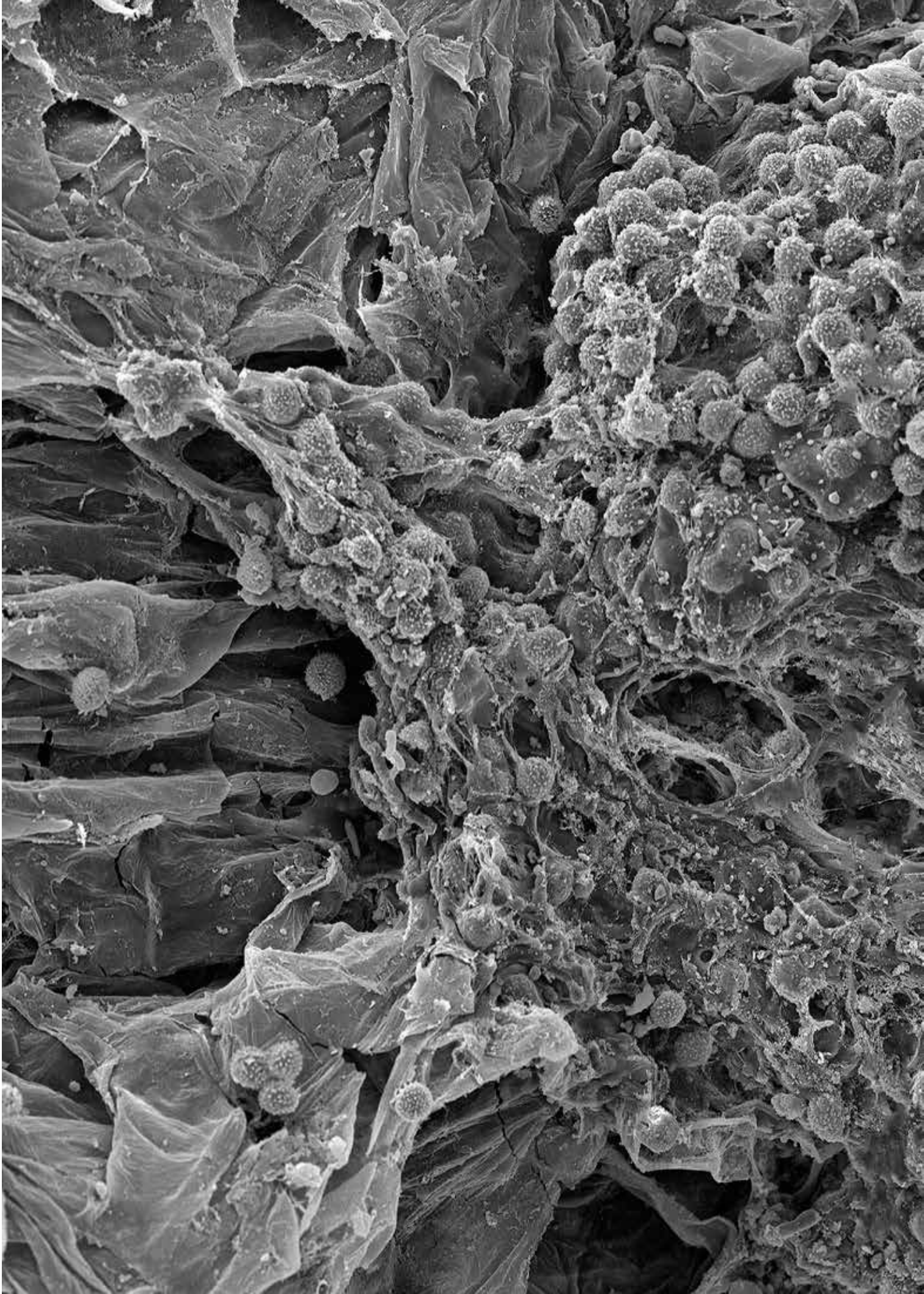
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA • No. 133 • Volumen 31 • enero-marzo 2024 • \$40.00

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



EXHIBIR HASTA EL 31-MARZO-2024

Atención médica y sanitaria en Puebla de los Ángeles en el siglo de la Conquista | La neuroética y el caso de la mejora cognitiva farmacológica | Sueño y procesamiento emocional... | Papiloma humano en hombres... | La maquinaria muscular... | Nuevas vistas en el universo... | Incursiones filosóficas de un físico cuántico... | El universo nanométrico del carbono | Campos eléctricos... | Antes de Amazon: industria editorial y mutaciones culturales | Ellas en su caminar... | Borrado cuántico y sus aplicaciones al procesamiento cuántico de la información | Particularidades del libro de arte como género editorial y documento artístico | Consideraciones de la red 5G... | Teledetección y automatización en la agricultura del futuro | La polinización, los polinizadores... | Peces e inundaciones... | El maguey pulquero... | Anfibio bioindicador en peligro crítico... | El camarón burrito... | Microplantas... | El exposoma... | La idoneidad de la prescripción de medicamentos | Dale, dale, dale, no pierdas el tino... | Microscopía electrónica del huitlacoche: Luz Noyola-Méndez



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 133, volumen 31, enero-marzo 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 (CONACYT), Ricardo Moreno Botello (Ediciones de Educación y Cultura), Francisco Pellicer Graham (Instituto Nacional de Psiquiatría), Adriana Pliego Carrillo (Facultad de Medicina, UAEM), Leticia Quintero Cortés (ICUAP, BUAP), José Emilio Salceda (Instituto de Fisiología, BUAP), Gerardo Torres del Castillo (Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, BUAP), Catalina Valdés Baizabal (Laboratorio de Neurobiología Celular, Universidad de La Laguna), Enrique Vergara (ICUAP, BUAP)

obra gráfica, © Luz Noyola-Méndez

© Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*)

CINTILLO LEGAL

ELEMENTOS, Año 39, No. 133, enero a marzo 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 diciembre de 2023. 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



Atención médica y sanitaria en Puebla de los Ángeles en el siglo de la Conquista 3

Agustín Grajales Porras, Lilián Illades Aguilar

La neuroética y el caso de la mejora cognitiva farmacológica 11

Monserrat Armenta Reséndiz

Sueño y procesamiento emocional: 17

¿dormir bien me permite manejar mejor mis emociones?

Silvia A. Tafoya, Vania Aldrete-Cortez, Claudia Fouilloux-Morales

Papiloma humano en hombres: la pandemia oculta 21

Daniel Osorio Ángeles, Laura Conde Ferráez, María del Refugio González Losa

La maquinaria muscular, fuente insuperable de beneficios 25

J. Ildefonso Arocha-Rodulfo

Obra gráfica: Microscopía electrónica del huitlacoche 31

Luz Noyola-Méndez

Nuevas vistas en el universo: 33

explorando el cosmos con catálogos de galaxias

Alejandro Avilés, Jorge L. Cervantes-Cota

Incursiones filosóficas de un físico cuántico: 41

el caso de Erwin Schrödinger

Ricardo Guzmán

El universo nanométrico del carbono 47

Jessica Campos Delgado

Campos eléctricos: de la cotidianidad al laboratorio 51

Monserrat Alonso Vargas, Julio César Ríos Guzmán, Arturo Cadena Ramírez

Antes de Amazon: industria editorial y mutaciones culturales 55

Raúl Marcó del Pont Lallí

Ellas en su caminar. *El opaco mundo de la prostitución en Puebla, 1873-1936* 61

Fernanda Núñez

Publicación digital

Borrado cuántico y sus aplicaciones 65

al procesamiento cuántico de la información

Fabiola García Gutiérrez, Francisco A Domínguez Serna, Manuel Ávila Aoki

Particularidades del libro de arte como género editorial 69

y documento artístico

Jenny Teresita Guerra González

Consideraciones de la red 5G con relación a la brecha digital 73

María S. Ruiz Palacios, Martín J. Martínez Silva

Teledetección y automatización en la agricultura del futuro 79

Juan Luis Jacobo Cuéllar, Heriberto Guevara Rojo, Óscar Cruz Álvarez

La polinización, los polinizadores, 85

y su importancia en los ecosistemas

Dulce María Figueroa Castro

Peces e inundaciones: una relación favorable para la vida 91

Marcela Madrigal-Cruz, Nicolás Álvarez-Pliego, Miguel Á. Salcedo

El maguey pulquero: una fuente ancestral de alimento 97

Damaris L. Ojeda Barrios, Emilio R. Morales Maldonado

Anfibio bioindicador en peligro crítico, 101

¿se extinguirá por deforestación?

Damián Villaseñor Amador, José Alfredo Hernández Díaz

El camarón burrito, un recurso que debe ser valorado 105

Ernestina Hernández-Roldán

Microplantas: una alternativa de consumo alimentario 109

Susana Rodríguez-Jurado, Ana A Feregrino-Pérez

El exposoma: del concepto a la utilidad para un futuro sostenible 113

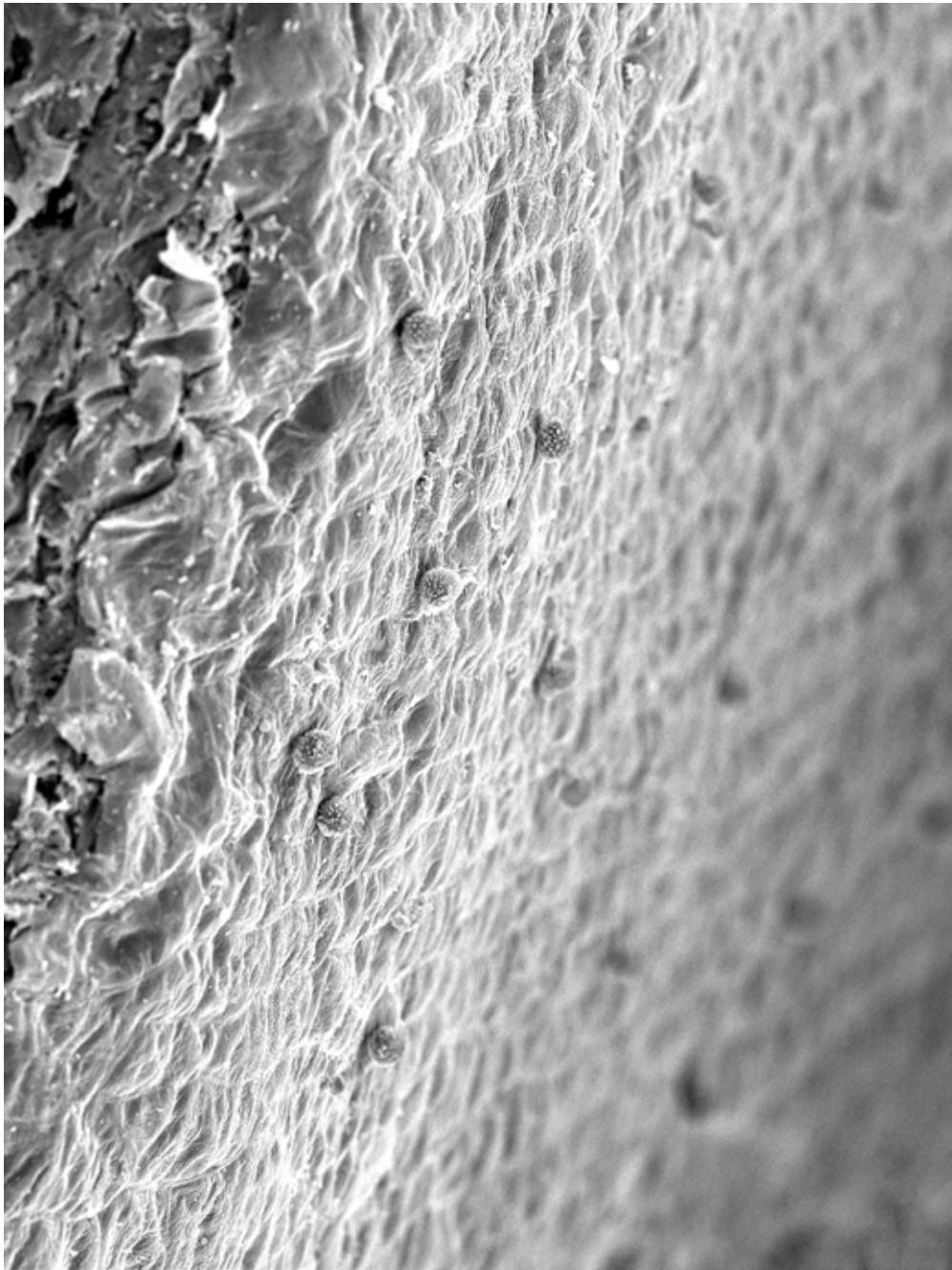
Paola Arjona-Jaime, Alejandra Romero-Montero, Elizabeth Isaacs Páez

La idoneidad de la prescripción de medicamentos 119

Alfonso Díaz, Juan Bastida Herrera, Gustavo López López

Dale, dale, dale, no pierdas el tino. Escribir: ¿placer o suplicio? 123

Carlos Arturo Aguirre Salado



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Atención médica y sanitaria en Puebla de los Ángeles en el siglo de la Conquista

Agustín **Grajales Porras**
Lilián **Illades Aguiar**

Al despuntar la cuarta década del siglo XVI, la Corona española, a través de sus representantes políticos y clericales del Nuevo Mundo, emprendió uno más de sus proyectos políticos de colonización, apropiación del suelo y resguardo para conquistadores y colonos españoles. El 16 de abril de 1531 se establece una puebla en tierra firme, de clima sano y con suficientes recursos naturales para el sustento de sus moradores. Contornado por asentamientos indígenas, el nuevo poblado se benefició de fuerza de trabajo que convivió con la población blanca en sus propios barrios. Como en toda ciudad, se instaló un ayuntamiento que impusiera la administración en distintos ramos y entre ellos la regulación de las instituciones de salud y el ejercicio de los médicos y demás sanitarios.

La salud y el sistema asistencial fueron asuntos vigilados por el cabildo de la ciudad en repetidas ocasiones. Tomemos por caso el pregón lanzado en agosto de 1566. En altas e inteligibles voces del pregonero para que llegara a oídos de todos los vecinos y para que después no se alegara ignorancia, se comunicaba la prohibición para que ninguna persona se hiciera pasar por médico, cirujano, boticario, barbero, o de oficio parecido, de curar a persona alguna ni remediar alguna enfermedad pública o secreta si se carecía del título y facultad autorizados por

el cuerpo edilicio; de ser el caso, se le condenaría al destierro de la ciudad por el tiempo de un año, además de una multa de 30 pesos de oro común.¹

Los distintos concejos municipales debieron seguir insistiendo en esta materia, como la noticia que corrió de un estricto control para que todos los médicos y cirujanos exhibieran sus títulos en un lapso de diez días y en caso de no hacerlo no podrían ejercer y se acreditarían además a una sanción económica. Tres semanas después de dicho ordenamiento, en junio de 1589, se solicitó al facultativo Andrés de la Parra para que efectuara la revisión de los “títulos y recaudos” que los escasos médicos y cirujanos habían presentado ante el cabildo y luego entonces podrían continuar en el oficio. No solo el Concejo emitía previsiones por *motu proprio*, sino también a petición de los afectados, como sucedió en 1564 cuando el cirujano Gonzalo de Esgaraza se quejó de las personas que actuaban sin tener la facultad para hacerlo; es quizá por esta denuncia que el Capítulo en turno tomó cartas en el asunto en los años siguientes.² Ante la falta de personal calificado, es comprensible que algunas personas se desempeñaran como cirujanos o barberos empíricos, satisfaciendo de esta manera la demanda de la población, por lo menos de aquella que podía pagar sus servicios.

MÉDICOS Y CIRUJANOS

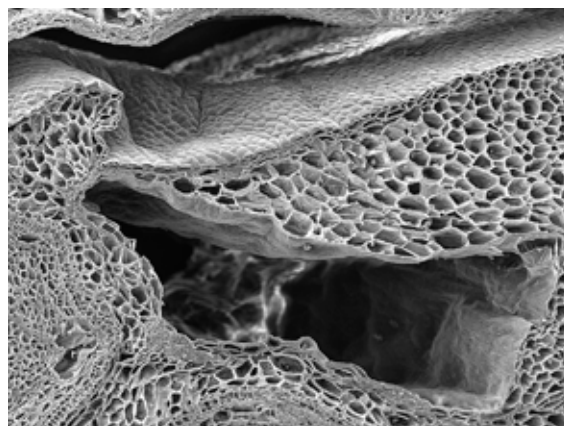
La práctica entre la medicina y la cirugía en aquellos tiempos se distinguía porque la primera tenía un carácter teórico y atendía los padecimientos llamados internos, mientras que la cirugía se ocupaba de las enfermedades expuestas o visibles, con una instrucción de tipo gremial durante algunos años bajo la supervisión de un cirujano titulado; con esta experiencia podrían efectuar su examen en el tribunal del protomedicato y con ello reproducir a su corporación (Ramírez, 2017). Sin pretender que nuestra pesquisa sea exhaustiva, con la información de los libros de actas del cabildo y de algunos libros parroquiales, se detectó la presencia de catorce sanitarios durante casi siete décadas:

nueve médicos, dos médicos cirujanos y tres cirujanos; asimismo, se halló a un par de personas a quienes se les designó como doctores, pero no se puede asegurar que lo hayan sido en medicina. Un número sumamente precario para la atención de una población en constante crecimiento.

En Puebla hubo tal escasez que, en julio de 1561 —cuando se contaban alrededor de 4,000 habitantes—, los ediles convinieron en compensar con 100 pesos de oro común en forma anual al licenciado Diego Hernández, médico cirujano, para convencerlo de que no abandonara la ciudad pues era el único en ella. Parece que esta gratificación tuvo continuidad, pues a principios de 1563 se libró igual cantidad al mencionado galeno.³ Merced a este incentivo, el profesional tomó la decisión de permanecer unos años en la ciudad mientras alternaba la práctica con sus estudios formales de licenciatura, porque de 1558 a 1564 estaba registrado en el claustro de la Real Universidad de México (Martínez, 2012).

Sin poder contar más que con relatos de cronistas, se puede conjeturar que un primer médico que estuvo en Puebla, o por lo menos en el obispado, fue el licenciado Pedro López. En comunión con Julián Garcés, primer obispo de Tlaxcala, promovió y presumiblemente se hizo cargo de un hospital en Perote hacia 1535 con el propósito de albergar a los españoles que llegaban en búsqueda de fortuna, pero caían enfermos en Veracruz. De acuerdo con el notario mayor de Puebla, el obispo dominico edificó en el desierto de Perote:

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



[...] por dirección del mismo varón don Pedro López, mejor cristiano que médico [...], el Hospital de Bethelém, [...] el cual visitaba frecuentemente, recibiendo a los enfermos, regalándolos [...] con todo amor y caridad, sufragando con sus cortas rentas sus crecidas costas hasta que falleció [...] (Bermúdez, 1985, p. 281).

A pesar de que los cronistas inducen a pensar que el doctor López permaneció en el cargo hasta su muerte, Bermúdez de Castro indica que este “visitaba frecuentemente” a los enfermos, por lo que el galeno pudo actuar en Puebla, o en otro lugar de manera efectiva. Sin embargo, por otras noticias de las que se dispone, se pone en tela de juicio el hecho de que el citado doctor López haya operado en Puebla de manera efectiva, y menos se puede concebir su permanencia en Perote –de haberlo hecho. La confusión para identificar a este médico estriba en que está ampliamente documentada la existencia de dos médicos con idéntico nombre en la capital del virreinato; es verdad que son apelativos muy frecuentes, pero lo extraordinario reside en su profesión. A ambos capitalinos se les reconoce como Pedro López “El Viejo” y al otro “El Joven”, sin que se haya tratado de padre e hijo. En su expedición a las Hibueras, Cortés llevó consigo en calidad de médico al licenciado Pedro López y al maese Diego de Pedraza como cirujano. El 11 de enero de 1527, el cabildo de México designó a

Pedro López protomédico de la Nueva España, el primero que haría el juramento de usar fielmente su oficio “sin amor ni desamor”; tres días después se le hizo merced de un solar en la calle de la Perpetua, donde labró una suntuosa casa. El mismo médico fue ratificado en su investidura en agosto de 1536 (García, 1896).

El segundo Pedro López nació alrededor de 1527 en la villa de Dueñas, en el reino de Castilla. Estudió la licenciatura en Medicina previo a su llegada a la ciudad de México en 1550. Tan solo tres años después, “El Joven” se convertiría en el primer doctor por la Real Universidad de México (Ferreiro y Sigaut, 2005). Por la relación anterior, el doctor Pedro López mencionado por los cronistas poblanos pudo haber sido el mismo personaje que “el Viejo” y que no se hizo cargo del hospital de Perote, sino que solo intervino como consejero del venerable Julián Garcés y quizá haciendo inspecciones propias de su cargo. O bien, habrá que admitir que existieron tres personajes homónimos y homólogos. Sea lo que fuere, el cabildo de la ciudad de Puebla otorgó título de vecindad, y luego dos solares a mediados del siglo, justo en octubre y noviembre de 1550 a una persona con idéntica profesión y nombre.⁴ En este caso, se podría conjeturar que Pedro López “El Viejo” haya decidido pasar en Puebla sus años postremos, aunque falleció en México en 1554 (Ferreiro y Sigaut, 2005, p. 146).

En torno a la mitad del siglo XVI se infiere la existencia de tres togados y un cirujano: el mencionado Pedro López, poseedor de los solares antedichos, y sin poder asegurar que este u otro doctor López haya ejercido en Puebla en los años primigenios, se podría consentir que el primer médico que actuó en Puebla (de quien tenemos conocimiento) fue el bachiller Antonio Molina, el cual figura en la lista de vecinos que se asentaron en Puebla en 1547; dos años después, lo secundó el licenciado en medicina Pedro de Santander (López, 1961); proveniente de Veracruz, se asentó en Puebla en un espacio ubicado en la plaza pública y no fue sino hasta 1563 que obtendría el grado de doctor por la Real

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



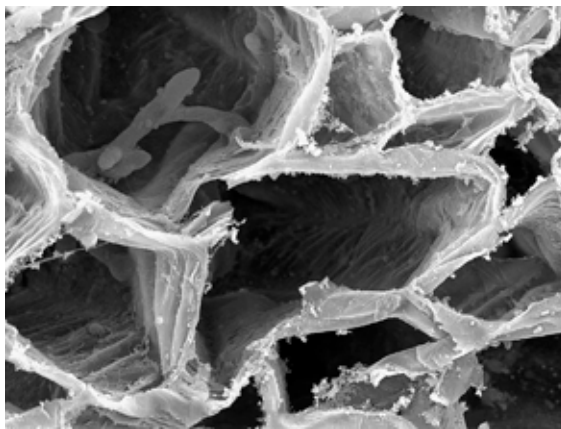
Universidad de México. El cuarto clínico en este lapso fue el cirujano Cristóbal Solano.

Entre 1560 y 1580 se desempeñaban el doctor Diego Hernández, de quien ya se ha hecho relación, lo mismo que del cirujano Gonzalo de Esgaraza. El segundo cirujano en este período fue Gonzalo de Arriola (1579).⁵ Igualmente se sabe que el doctor Juan Daza, titulado en la Real Universidad entre 1558 y 1564, era un vecino y empresario prominente de la ciudad, en donde se asentó por el año de 1570.

Cuando estaba por despuntar la última década de la centuria, se registra al doctor Cristóbal Villalobos con la encomienda de acompañar a los ediles para hacer la inspección de las boticas en junio de 1589, al mismo tiempo que Andrés de la Parra lo haría para médicos y cirujanos, como se dejó asentado. Villalobos era un flamante egresado de la Real Universidad, cuyos estudios de bachiller inició en 1584, concluyendo el doctorado en febrero de 1589. Al año siguiente, el gobierno municipal resolvió que el facultativo Juan Núñez de Prado pudiera ejercer su oficio, así como el Maestre Juan Pérez de Chávez practicar actividades de medicina y de cirugía tanto en la ciudad como en su jurisdicción, dado que traía consigo la licencia otorgada por el doctor Olivares examinador del tribunal del protomedicato.

Tocando a su fin el siglo, se hallaban en Puebla los doctores y condiscípulos Pedro Porras y Hernando Rangel.⁶ No se sabe cuándo llegaron ni el tiempo que practicaron su arte en la ciudad. Ambos se titularon en la Universidad de México con los grados de bachiller, licenciado y doctor de 1591 a 1595, el primero, y su colega, de 1592 a 1598.

Aun cuando no se tenga conocimiento a ciencia cierta del número de personas involucradas en la atención médica ni su tiempo de permanencia, se puede concluir que existía una paupérrima asistencia sanitaria. En torno a la mitad del siglo se contaba con tres médicos y un cirujano para una población estimada de 2,500 personas, es decir, que cada uno de ellos tendría que atender en promedio a unos 625 pobladores. En cuanto a la última década, la relación se agrava, solamente seis togados para

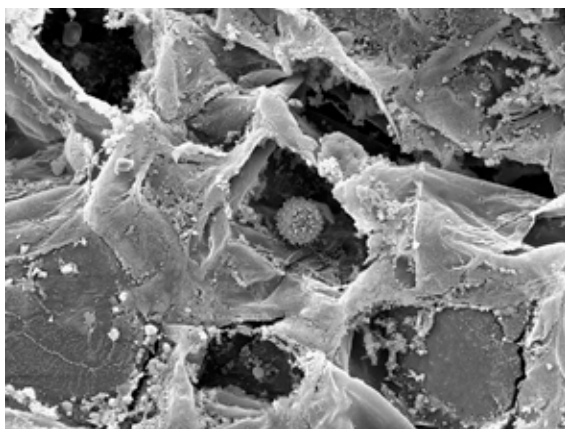


© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

un volumen que podría alcanzar 12,500 moradores, una ingente relación de cerca de 2,100. Aun dentro de lo incierto de las cifras, el panorama es perturbador por lo que atañe al total de la población, es decir, incluyendo a los indígenas y mestizos, pero también lo es para los españoles si se considera que es a ellos a quienes los médicos solían atender. En los mismos tramos de tiempo la relación era de 375 blancos por facultativo, y 1,250 a fines del siglo. En suma, en la medida que el volumen demográfico creció la demanda fue cada vez menos satisfecha.

BOTICARIOS

El ejercicio de la botica debía estar en manos de una persona docta, responsable y experta en el arte de preparar medicamentos. Dicha actividad tuvo un papel muy importante en la vida cotidiana y reportaba réditos generosos, lo que generó la aparición de personas deshonestas y sin preparación (Tejeda *et al.*, 2014). Si bien, el Protomedicato y los ayuntamientos vigilaban la preparación y honestidad de los drogueros, no existían instituciones académicas para ellos como fue el caso de los médicos, más bien adquirían el oficio en función de una relación de tipo gremial (Huerta, 2008). Bajo supuesto consentimiento médico, estos oficiales de la salud se encargaban de preparar y comerciar medicamentos, pócimas, purgas, jarabes, vomitorios, ungüentos y letuarios (masa hecha a base de raíces y hierbas a



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

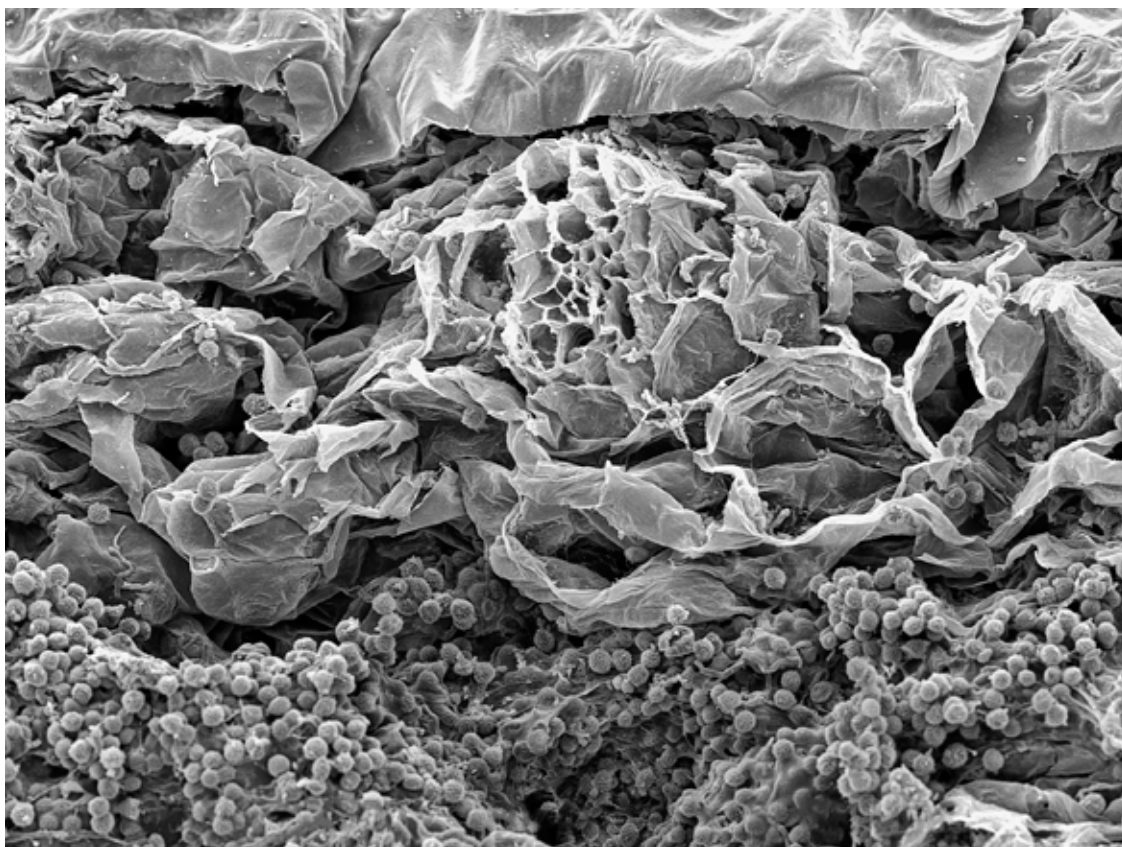
la que se le añadía una porción de miel); asimismo, estaban autorizados para preparar las unciones que se administraban a la gente afectada por el mal gálico (sífilis) compuestas con polvos de azogue (mercurio) y albayalde (carbonato básico de plomo), sustancias altamente perjudiciales para la salud, además de jengibre, incienso, aceites y ungüentos, entre otras sutilezas del boticario (Pérez, 2019).

Siguiendo los procedimientos del ayuntamiento de México, el municipio poblano también fue vigilante de las actividades de los farmaceutas y se les prohibía que se excedieran en sus funciones; lo anterior se advierte en el incidente que surgió con el boticario Rodrigo Márquez: apenas habían transcurrido tres meses de que se le otorgara título de vecindad cuando el gobierno le previno en agosto de 1545 que no siguiera practicando la sangría y que no recetara ninguna medicina compuesta “[...] sin consejo médico y sin licencia del cabildo porque causa gran daño a la población [...]”.⁷ El Concejo también ejercía el control de los drogueros mediante la inspección de sus comercios, autorizando a sus representantes para disponer lo que conviniera. En 1561, se generó una orden para que los diputados junto con dos médicos que estaban en la localidad –uno probablemente traído para el efecto junto con Diego Hernández estante en la ciudad–, para visitar las boticas pues eran del parecer de que no contaban con las medicinas necesarias. Como resultado de la pesquisa, en el

mes de junio del año siguiente, el boticario Alonso de la Parra recibió advertencias sobre los precios y abastecimiento de sus medicinas y, de manera súbita, en menos de un mes, se le notificó, encima, lo referente al pago de arancel por la venta de medicamentos.⁸ Hecho que sorprende ya que en la capital novohispana los medicamentos vendidos no causaban impuestos (Tejeda *et al.*, 2014). En 1595 y en 1598, el cabildo asignó como visitadores de boticas a Pedro Martínez y al boticario Martín Landeta.⁹

Sin hallar ningún rastro de algún farmacéutico antes de 1545, se puede considerar a Rodrigo Márquez como el proto boticario de Puebla, secundado por el mencionado Alonso de la Parra a quien se le había concedido un solar desde 1549 dentro de la traza de la ciudad, dos años después de su arribo a Puebla (Huerta, 2008). Un tercer farmacéutico que presumiblemente operó en 1562 fue Diego Rodríguez. De la misma manera en que el ayuntamiento había retenido al único médico que residía en la ciudad mediante un estímulo económico, también alentó al mencionado bachiller Rodríguez para que estableciera su botica con un financiamiento de 100 pesos de oro común en calidad de préstamo; sin duda, la propuesta de la diputación, a primera vista, no interesó al boticario ya que un mes después, el 31 de agosto de ese año, le doblaron el monto del financiamiento.¹⁰ Se sabe de un cuarto y último boticario que hemos podido develar en el siglo de la Conquista: Juan López. En la parroquia de El Sagrario de Puebla, en mayo de 1587, actuó como testigo –en compañía del doctor Daza y otros más– del matrimonio de Bartolomé Gómez Ronquillo con doña Juana Perales; es posible que el desposado sea el barbero que registraríamos en 1593 con el mismo nombre, aunque desafortunadamente sin apellido. El propio boticario López atestiguó otro casamiento celebrado en diciembre del mismo año.¹¹

Al repasar las actas de cabildo del siglo XVI, solo advertimos la presencia de cinco boticarios –y acaso también lo era el inspector Martínez–, y esto en un lapso de 25 años (ca. 1545 a 1570). Además, no se puede determinar la durabilidad de sus negocios.



Es difícil concebir un número tan reducido de proveedores de remedios para surtir las recetas de los cuatro médicos contemporáneos, al mismo tiempo que debían preparar pócimas y ungüentos, aunque fuese para una pequeña fracción de la población que oscilaba *grosso modo* entre tres y cuatro millares de habitantes durante ese intervalo.

BARBEROS

Flebotomianos, sangradores o barberos, se asemejaban a los cirujanos, pero sus conocimientos eran puramente empíricos y no estaban autorizados para operar, curar heridas o tumores, ni aplicar unciones (Ramírez, 2017). Además de cortar la barba y el cabello, extraían piezas dentales y abrían abscesos menores. Como los flebotomianos, denominación más especializada y apropiada, los barberos podían practicar sangrías por prescripción médica mediante una incisión en las venas para equilibrar

los humores de los pacientes, auxiliándose de vasijas de metal o de barro; igualmente, aplicaban ventosas y curaban las llagas de los enfermos.

Desde 1534 hasta 1596, se logró ubicar a 19 barberos en la ciudad de los Ángeles. Durante los primeros cincuenta años de vida de la ciudad, hubo tres barberos por década en promedio, y en la última su número se duplicó, en concordancia con el gran aumento demográfico de los últimos años. El maestro Miguel, fundador de 1534, debió ser el primer barbero de Puebla; mereció huertas y una caballería de tierra. Francisco Gómez, colonizador primigenio, recibió una suerte y caballería en 1536. El mismo año, otro fundador, el sangrador Bartolomé Fernández, fue dotado con una suerte en Atlixco. Al barbero Cristóbal Sánchez se le mercedó un solar dentro de la traza en 1547, y lo mismo debió suceder con el resto de los sangradores para que pudieran montar su mostrador en la ciudad. Además, para poder ejercer su arte, estos sanitarios debían solicitar la licencia, poder y facultad del concejo municipal para ejercer el oficio y abrir tienda pública, como

se hace patente en la aprobación de Hernando de Higueros en 1565.¹² La mayoría de ellos debieron traer consigo la habilidad de su oficio desde su embarque hacia el Nuevo Mundo, por lo menos los presentes en los primeros tiempos de vida urbana. Otro inmigrante con el mismo arte se localizó en la última década del siglo: el extremeño Miguel Ruiz, natural de la villa de Valencia de la Torre, en ocasión de su matrimonio con Antonia de Aguilar en la parroquia de El Sagrario en junio de 1590. A través del mismo libro sacramental,¹³ se corrobora que Juan Alonso, barbero registrado en 1577, contrajo nupcias con Magdalena De la Parra en marzo de 1593; ambos vecinos de la ciudad y verosímilmente españoles americanos (criollos) como sus padres, y no sería descabellado creer que la desposada formara parte de la familia del boticario De la Parra.¹⁴

Desde sus primeros años, el gobierno de la ciudad vigiló el cumplimiento de los ordenamientos en materia de salud a fin de proteger a los habitantes de acuerdo con los alcances médicos de la época. Si bien el cabildo desplegó ciertas estrategias para atraer y arraigar personal médico y asistencial hasta donde sus recursos lo permitieran, no pudo remediar la insuficiencia de dichos servicios, lo cual responde también a la reducida escuela médica, quirúrgica, farmacéutica y flebotomista que privaba de manera general en el virreinato. En los setenta años de vida de la ciudad de Puebla de los Ángeles, apenas se pueden enumerar dos médicos cirujanos, nueve médicos, tres cirujanos, cinco a seis boticarios y diecinueve barberos en una ciudad con una población creciente hasta alcanzar unos 12,500 habitantes a fines del siglo de la Conquista y que se le apreciaba como la segunda de la Nueva España.

NOTAS

¹ Archivo General del Municipio de Puebla, *Libros de actas de cabildo* (en adelante AGMP), vol. 10, f. 15 v.

² AGMP, vol. 9, f. 17 f. y 37 f., y vol. 12, f. 135 v.-136 f.

³ AGMP, vol. 8, f. 134 f. y 182 v.

⁴ AGMP, vol. 6, f. 74 v. y 81 f., f. 51 f. y f. 153 v., y f. 270 f. (1550-1553).

⁵ AGMP, vol. 11, f. 31 v.-32 f.

⁶ AGMP, vol. 12, f. 156 f. y f. 316 v.; vol. 13, f. 83 v. (1589-1599)

⁷ AGMP, vol. 5, f. 33 f. y 57 v.

⁸ AGMP, vol. 8, f. 143 v. y f. 162 f.-163 v.

⁹ AGMP, vol. 12, f. 311 f. y vol. 13, f. 41 f.

¹⁰ AGMP, vol. 8, f. 164 f. y 170 f.

¹¹ Archivo de la parroquia de El Sagrario de la catedral de Puebla (APSCP), *libro de matrimonios de españoles*, 1585, f. 3 f. y 13 f.

¹² AGMP, vol. 9, f. 71 f.

¹³ APSCP, *libro de matrimonios de españoles*, 1585, f. 29 f. y f. 42 v.

¹⁴ Algunos barberos que hemos registrado solo aparecen con el nombre de pila, pero afortunadamente tenemos conocimiento de otros que se desempeñaron alrededor de los años siguientes: Bartolomé del Águila (1548), Cristóbal Solano (1553), Francisco de Vergara (1553), García de Vergara (1566), Diego Rodríguez (1569), y Cristóbal López (1573 y 1586).

REFERENCIAS

Bermúdez de Castro DA (1985). *Theatro angelopolitano o Historia de la ciudad de la Puebla*, Puebla: Junta de Mejoramiento Moral, Cívico y Material del Municipio de Puebla.

Ferreiro N y Sigaut N (2005). Testamento del “fundador” Dr. Pedro López. Documentos para la historia del Hospital de San Juan de Dios. *Historia Mexicana*, 55 (1):145-200.

García Icazbalceta DJ (1896). *Obras. tomo I. Opúsculos varios*. México: Imp. V. Agüeros.

Huerta Jaramillo AMD (2008). *Los boticarios poblanos: 1536-1825*. Puebla: BUAP.

López de Villaseñor P (1961). *Cartilla Vieja de la Nobilísima Ciudad de Puebla*. México: UNAM.

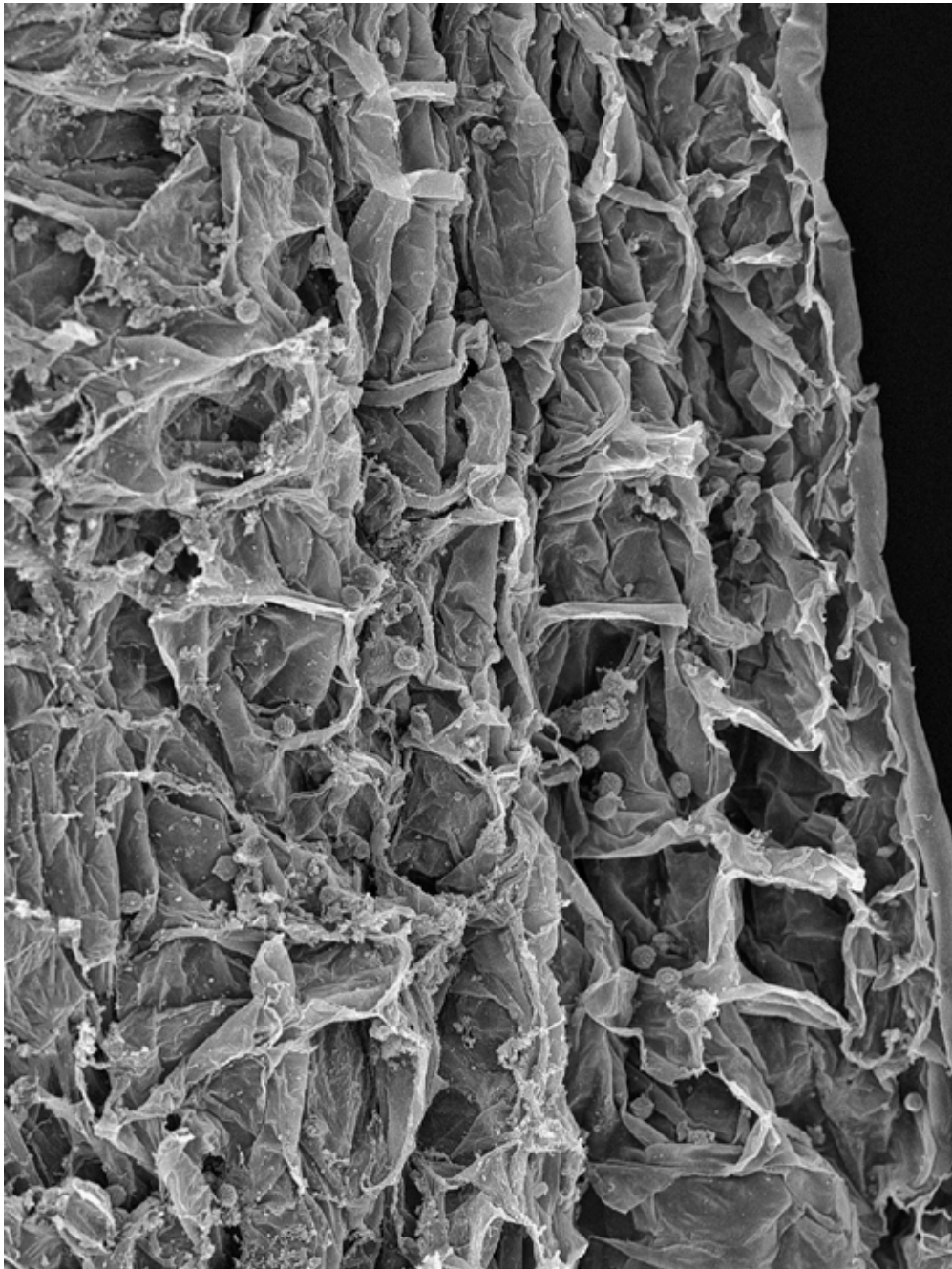
Martínez Hernández G (2012). La comunidad de la Facultad de Medicina de la Real Universidad de México en los siglos XVI y XVII a través de las fuentes de archivo. *Estudios de Historia Novohispana* 47:3-44.

Pérez Morera J (2019). Arquitectura asistencial e iconografía hospitalaria. Uso y función de una casa-hospital del siglo XVI. *Revista de Historia Canaria* 201:185-242. Recuperado de: <https://doi.org/10.25145/j.histcan.2019.201.08>.

Ramírez Ortega V (2017). Cirujanos, barberos y sangradores en la Nueva España del siglo XVI. *Saberes* 1(1):141-158.

Tejeda Rosales ME *et al.* (2014). Supervisión de boticas durante los siglos XVI y XVII. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas* 45(3):45-53.

Agustín Grajales Porras
Lilián Illades Aguiar
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
México
agusgrajalesp@hotmail.com



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huilacoche (*Mycosarcoma maydis*).

La neuroética y el caso de la mejora cognitiva farmacológica

Monserrat **Armenta Reséndiz**

Las investigaciones científicas sobre la función y estructura del sistema nervioso han prosperado en las últimas décadas; con una mirada más compleja nos hemos adentrado a preguntas fundamentales. Los conceptos de libertad, responsabilidad, conciencia, yo, voluntad, intencionalidad, entre otros, ya no se pueden reflexionar sin echar mano de los hallazgos neurocientíficos.

La neuroética, como disciplina, se discute en un congreso celebrado en 2002 por la Fundación Dana, el Centro de Ética Biomédica de Stanford y la Universidad de California, ante la necesidad de entender, según William Safire,

[...] lo que es correcto o incorrecto, bueno o malo, acerca del tratamiento, perfeccionamiento, intervención o manipulación del cerebro humano. (Marcus *et al.*, 2002)

Esta preocupación surgió como consecuencia de la influencia en la medicina, política, educación y cultura de algunos resultados provenientes de la investigación y la tecnología en el campo de las neurociencias que hicieron evidente la necesidad de reflexionar en torno a las consecuencias y regulaciones derivadas de los nuevos hallazgos.

Para Adina Roskies (2002) y Kathinka Evers (2010), la neurociencia y la ética se pueden combinar en dos acepciones, la primera es “la ética de la neurociencia” o neuroética aplicada, es decir, la reflexión sobre las consecuencias

del uso del conocimiento neurocientífico y, por supuesto, de su normatividad. La segunda es “la neurociencia de la ética” o neuroética fundamental, que se refiere a las bases neurobiológicas del razonamiento, la toma de decisiones y de nuestro ser moral.

Teniendo en cuenta estas dos concepciones de la neuroética es posible comprenderla como una disciplina que implica la fusión de las neurociencias, la filosofía de la mente, la bioética y las ciencias sociales.

LA NEUROFARMACOLOGÍA Y LA NEUROÉTICA APLICADA

La neuroética aplicada se concentra en los problemas prácticos, es decir, en las cuestiones que involucran la normatividad y el quehacer relacionados con las técnicas de imagenología cerebral, la privacidad de los pacientes, la neurofarmacología, la responsabilidad legal y las temáticas referentes a la calidad de vida derivadas de las tecnologías e investigaciones neurocientíficas.

Uno de los campos de investigación más notable en el estudio del cerebro es el de la neurofarmacología, que es un área de estudio que se ocupa de investigar cómo los fármacos o drogas pueden afectar al sistema nervioso, uniendo conocimientos sobre las bases biológicas de los complejos estados mentales y de la farmacología para el tratamiento de enfermedades neurológicas y psiquiátricas.

Una de las finalidades más importantes de la neurofarmacología es la de desarrollar y evaluar compuestos terapéuticos que puedan ser beneficiosos para aliviar el dolor y los trastornos del sueño, reducir la fiebre, prevenir convulsiones, tratar síntomas derivados de enfermedades crónicas degenerativas como las de Parkinson y Alzheimer, así como disminuir los síntomas asociados a trastornos de ansiedad, depresión, etcétera.

Sin embargo, con el descubrimiento, uso y mercantilización de esas sustancias, se han suscitado algunos problemas sociales de gran impacto como el trastorno por consumo de sustancias o adicción. Algunos factores que contribuyen a la propagación

de este problema son los efectos psicoactivos de los fármacos y, en algunas ocasiones, las malas prácticas médicas.

Actualmente, en Estados Unidos, la desmedida prescripción médica de opioides para el tratamiento del dolor ha contribuido importantemente en la epidemia por consumo de esas sustancias que se ha convertido en una de las mayores crisis de salud de las últimas décadas.

Según reportes del National Institute on Drug Abuse (NIDA por sus siglas en inglés), en el año 2011 alrededor del 80 % de las personas que consumían heroína habían consumido anteriormente opioides recetados en forma indebida; y para el año 2021, aproximadamente 1.1 millones de personas eran consumidores de heroína; otras estadísticas señalan que cerca de 150 personas mueren cada día por sobredosis relacionadas con opioides sintéticos.

Por otro lado, los tratamientos farmacológicos para disminuir el deterioro cognitivo característico de la enfermedad de Alzheimer y el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), como los inhibidores selectivos de la recaptación de noreadrenalina, metilfenidato y anfetaminas, que también son conocidos como “estimulantes de prescripción médica”, se utilizan como potenciadores cognitivos por personas sanas con el objetivo de mejorar el desempeño mental.

Algunos reportes sobre el uso de estas sustancias en Estados Unidos muestran que su uso es mayoritariamente por poblaciones estudiantiles, con estimaciones que varían entre 5 % y 35 % (Sahakian *et al.*, 2015).

Dentro de los efectos nocivos reportados se encuentran el desarrollo de trastornos por consumo de sustancias o adicción, problemas cardíacos y psicosis.

Tanto en la crisis por consumo de opioides, como en el aumento del uso de potenciadores cognitivos, uno de los factores predisponentes es el consumo de drogas de prescripción médica. Por lo tanto, las regulaciones éticas de la práctica clínica y la legislación sobre la industria farmacológica juegan un papel crucial en la prevención de epidemias por abuso de sustancias.

LA MEJORA COGNITIVA, ¿ES ÉTICA O NO?

El término mejora cognitiva se asocia actualmente

[...] con una amplia gama de tecnologías bio-médicas existentes, emergentes y visionarias que pretenden mejorar el estado cognitivo de los animales y los seres humanos. (Dubljević *et al.*, 2015).

Los debates bioéticos sobre la mejora de las capacidades mentales se centran en los métodos farmacológicos, aunque también existen los métodos no farmacológicos.



Figura 1. Clasificación de las principales estrategias para la mejora cognitiva.

Como se muestra en la Figura 1, las estrategias de esta “mejora cognitiva” se han clasificado en tres importantes áreas: conductual, física y bioquímica (Dresler *et al.*, 2019). Las estrategias conductuales son aquellas que están relacionadas con nuestros hábitos; algunas investigaciones soportan la idea de que ciertas conductas nos ayudan a regular nuestro desempeño mental, por ejemplo, dormir bien, hacer ejercicio, realizar actividades culturales y recreativas como juegos de mesa, tocar un instrumento musical, bailar o aprender nuevas actividades. La meditación y la atención plena (conocida comúnmente como *mindfulness*) son actividades

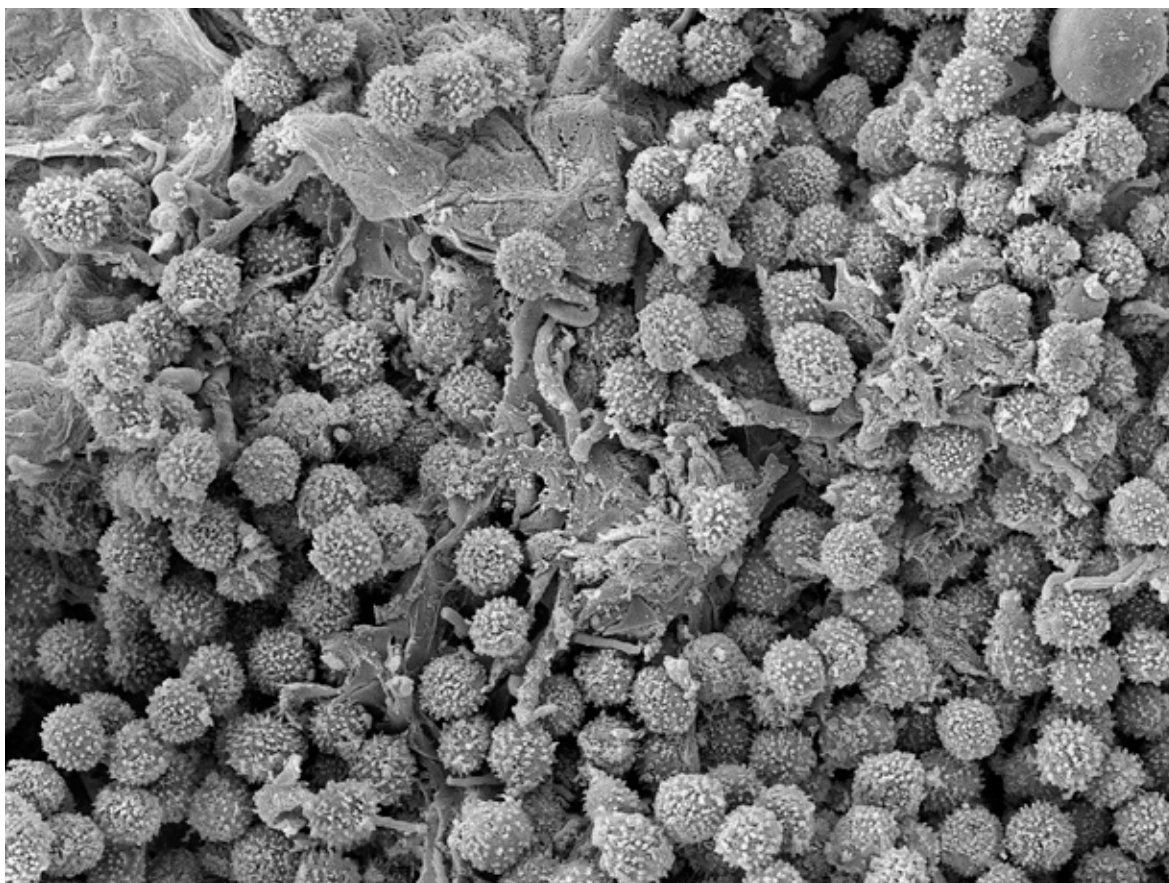
que han demostrado tener beneficios para la salud y para el cerebro, mejorando notablemente en sus practicantes habilidades cognitivas tales como la memoria y el aprendizaje.

Las estrategias físicas son actualmente de las más discutidas, y esto es porque suelen ser métodos invasivos que incluyen tecnologías de estimulación eléctrica, acústica, óptica y magnética que tienen como blanco modificar la actividad cerebral. La estimulación cerebral profunda que implica introducir un electrodo en el cerebro para pasar corriente eléctrica a ciertas regiones cerebrales y que se controla mediante un dispositivo parecido a un marcapasos, se utiliza actualmente para mejorar las capacidades cognitivas de pacientes que sufren diferentes trastornos neurológicos.

Por otro lado, recientemente se ha incrementado el uso de algunas formas de estimulación no invasiva en personas sanas, como la estimulación transcraneal por corriente directa, que consiste en hacer pasar pequeñas corrientes de electricidad a través de unos electrodos que se colocan en el cráneo. La aparente sencillez de este tratamiento ha motivado la comercialización de aparatos que se venden para que cualquiera pueda hacer uso de esta tecnología; sin embargo, no hay estudios conclusivos de que este tipo de estimulación realmente tenga un efecto en la mejora cognitiva.

Las estrategias bioquímicas son quizá las más utilizadas, y en este grupo se incluyen todos los agentes bioquímicos, como componentes nutricionales, por ejemplo: cacao, café, guaraná, glucosa, cúrcuma, ácido fólico, ácidos grasos omega-3, entre otros; estas estrategias también abarcan algunos remedios herbales asiáticos como el ginseng y el ginkgo biloba; y algunas drogas recreativas como la nicotina.

Sin embargo, el debate ético se ha centrado en los productos farmacéuticos, que son drogas de prescripción médica para trastornos como el TDAH, narcolepsia, etc., así como en los estimulantes sintéticos, por ejemplo: anfetaminas, metilfenidato, modafinilo, incluso otros fármacos prescritos para



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huilacoche (*Mycosarcoma maydis*).

la demencia inducida por el Alzheimer, como la galantamina, que es un inhibidor de la enzima acetilcolinesterasa y que se receta para los síntomas cognitivos leves en etapas tempranas de la enfermedad; y los bloqueadores de la actividad del glutamato como la memantina, que se prescriben para los síntomas graves de la demencia. Algunos reportes señalan que, además de los pacientes, los adolescentes, estudiantes universitarios y adultos jóvenes son usuarios de estos fármacos con la intención de obtener un mejor desempeño académico y laboral.

La diversidad de estrategias que engloba la mejora cognitiva abre muchas preguntas que aún no podemos resolver; estas dudas tienen que ver con las propiedades, prevalencia y efectos secundarios del uso crónico de algunas sustancias que alteran significativamente el balance de nuestro cerebro, y algunas cuestiones sociales y motivacionales

como, por ejemplo: ¿Por qué las personas sanas desean usar estas sustancias? ¿Cómo se deben prescribir estas sustancias? ¿Cómo repercutirán en el área laboral, académica y médica las posibles diferencias, ventajas o efectos crónicos en el rendimiento y función del cerebro, derivados del consumo de drogas potenciadoras de las funciones cognitivas?

El debate normativo sobre los usos, venta y prescripción de los potenciadores cognitivos, así como sobre los criterios de inclusión o exclusión de los mejoradores mentales que deben ser regulados, tiene que valerse de hallazgos científicos, pero también de investigaciones sociales y filosóficas que contribuyan a contextualizar el problema social y cultural que está detrás de la necesidad de ser cada vez más inteligentes, alertas y productivos.

Estamos viviendo en una “sociedad del cansancio”, como sugiere Byung Chul-Han, atrapados en un ciclo de autoviolencia y autoexigencia para

mostrar nuestra productividad y nuestro valor como humanos. Somos los prometeos cansados de la sociedad de rendimiento, donde la autoexplotación regula nuestra calidad de vida ante el ideal de la realización personal inagotable y consumista.

El debate público sobre los potenciadores cognitivos es esencial para tomar este problema seriamente y analizarlo desde sus raíces sociales y culturales. Plantear experimentos mentales o escenarios hipotéticos sobre las posibles consecuencias de continuar el uso de estas drogas con la finalidad de convertirnos en super humanos productivos y mentalmente alertas todo el tiempo, es un recurso muy ilustrativo que podría funcionar como preventivo ante un problema real.

Aunque no es algo negativo la búsqueda de ser mejores personas, hacerlo mediante los límites biológicos fundamentales que regulan nuestro cerebro es primordial para conservar nuestra autonomía y dignidad como especie humana.

Necesitamos tiempo de descanso, aburrimiento y reflexión que equilibre la vida hiperactiva e hiperestimulada que nos rodea. Como diría Bertrand Russell: “Todos los grandes libros contienen partes aburridas, y todas las grandes vidas han incluido períodos sin ningún interés”, porque este balance entre la estimulación y el descanso es simplemente necesario.

Aceptemos la idea de que los humanos somos seres que necesitan disfrutar de momentos de tranquilidad, conectarse con la naturaleza, gozar de un rato tomando el sol sin la necesidad imperante de hacer alguna actividad rentable, para con ello obtener de esos momentos de armonía el mejor de los potenciadores cognitivos.

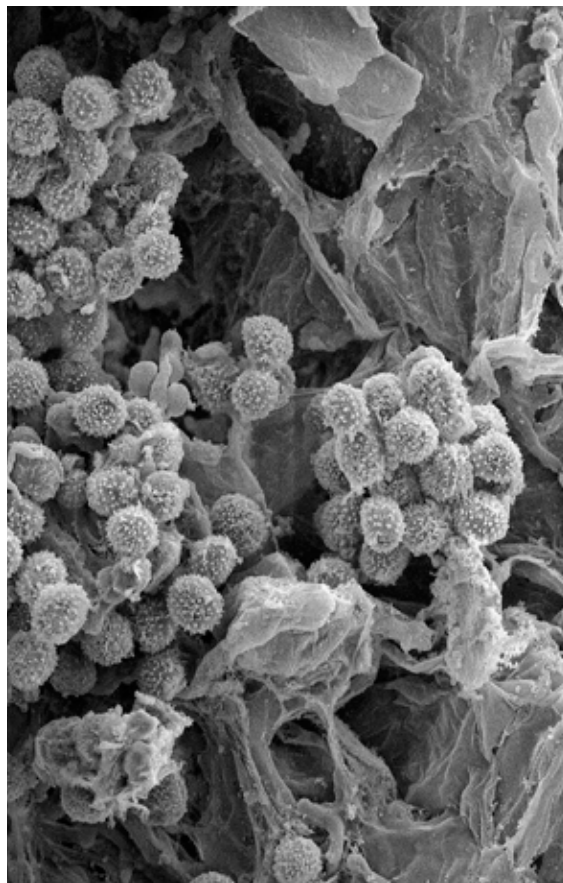
B I B L I O G R A F Í A

Russell B (1930). *La conquista de la felicidad*. Biblioteca Selecta Fórum de Barcelona.

Chul-Han B (2016). *La sociedad del cansancio*. Herder Editorial. Barcelona.

Dresler M, Sandberg A, Bublitz C, Ohla K, Trenado C, Mroczko-Wasowicz A, Kühn S and Repantis D (2019). Hacking the Brain: Dimensions of Cognitive Enhancement. *ACS Chem Neurosci* 10(3):1137-1148.

Dubljević V, Venero C and Knafo S (2015). What is Cognitive Enhancement? in: *Cognitive Enhancement: Pharmacologic, Environmental and Genetic Factors*. (pp. 1-9). Elsevier Inc. Academic Press.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Evers K (2010). *Neuroética: Cuando la materia se despierta*. Katz Editores.

Marcus S and Charles A (2002). *Neuroethics: mapping the field: conference proceedings*. San Francisco, California. Dana Press.

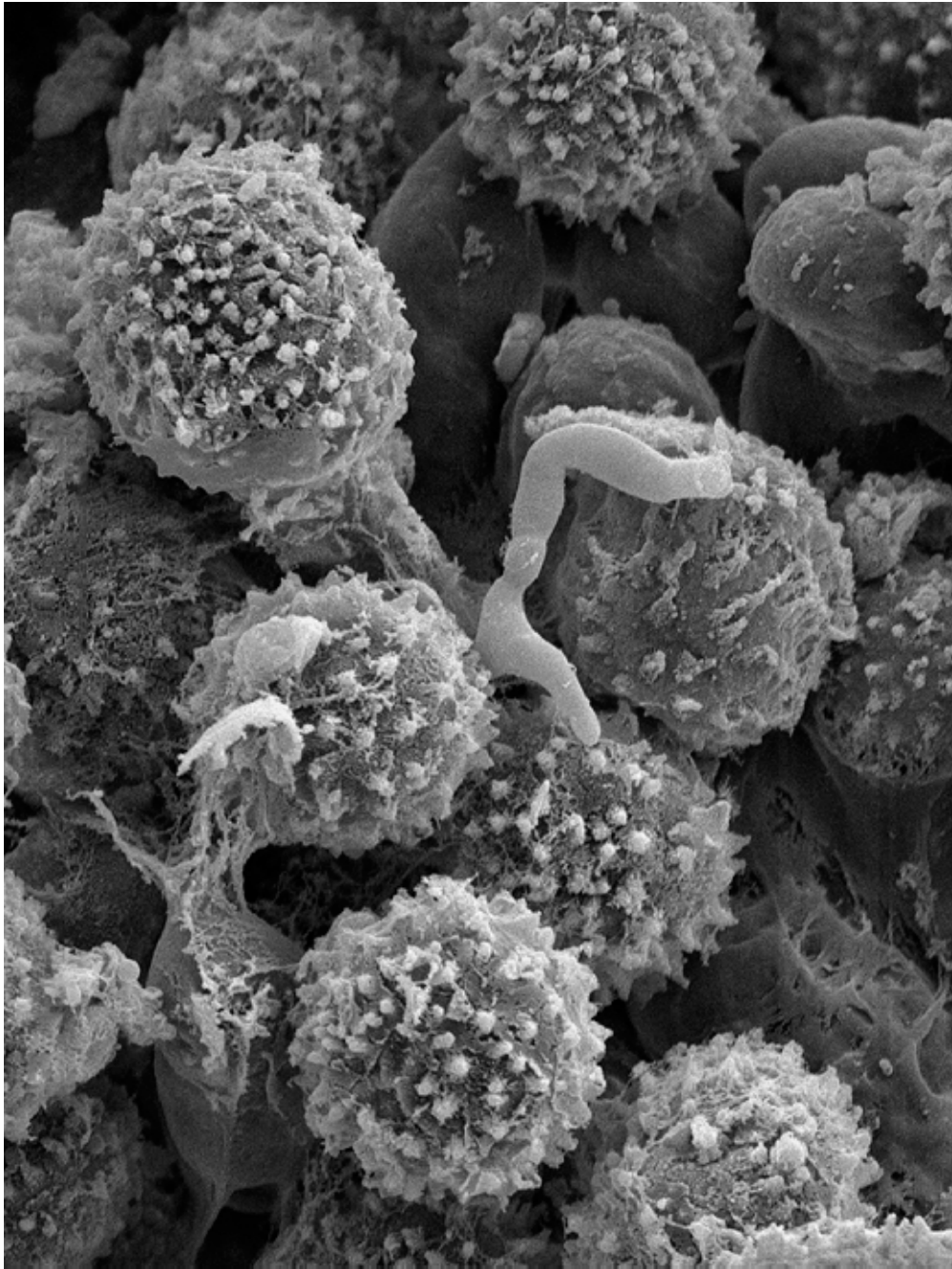
National Institute on Aging (2021). ¿Cómo se trata la enfermedad de Alzheimer? Recuperado de: <https://www.nia.nih.gov/espanol/medicamentos-enfermedad-alzheimer>.

National Institute on Drug Abuse (2021). Opioides de prescripción médica. Recuperado de: <https://nida.nih.gov/es/publicaciones/drug-facts/opioides-de-prescripcion-medica>.

Roskies A (2002). Neuroethics for the New Millenium. *Neuron* 35, 21-23.

Sahakian B and Morein-Zamir S (2015). Pharmacological cognitive enhancement: treatment of neuropsychiatric disorders and lifestyle use by healthy people. *The Lancet Psychiatry* 2(4):357-362.

Montserrat Armenta Reséndiz
Departamento de Neurociencias
Universidad Médica de Carolina del Sur
neuro.mont@hotmail.com



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Sueño y procesamiento emocional: ¿dormir bien me permite manejar mejor mis emociones?

Silvia A. **Tafoya**
Vania **Aldrete-Cortez**
Claudia **Fouilloux-Morales**

El sueño es un proceso fisiológico, reversible, que es vital para muchas especies, particularmente para los humanos. La presencia de un periodo de sueño es reconocida por todos de forma casi intuitiva, dado que se puede saber con relativa certeza que una persona está dormida al observar una disminución importante de sus movimientos, la presencia de relajación muscular, la disminución de la conciencia y la baja reactividad a los estímulos externos. Asimismo, el sueño forma parte de un ritmo, pues se presenta en forma alternada con la vigilia, conformando el ritmo sueño-vigilia, el cual se repite diariamente en un tiempo cercano a las 24 horas y está sincronizado principalmente por el ciclo luz-obscuridad.

La importancia del sueño radica en que participa en el restablecimiento y conservación de la energía, la regulación metabólica, térmica y endocrina, la activación inmunológica, así como en procesos cerebrales como la consolidación de la memoria, el restablecimiento de los circuitos neuronales y la neurogénesis (Cordoza *et al.*, 2022). Por todas estas funciones, el sueño tiene consecuencias a corto y largo plazo sobre nuestra salud física, desempeño cognitivo y bienestar emocional. Por ejemplo,

al día siguiente de una noche de “mal sueño” se observan alteraciones emocionales (irritabilidad), cognitivas (problemas de atención, concentración y memoria) y motoras (pobre coordinación mano-ojo), generalmente presentadas en ese orden. A largo plazo, las perturbaciones del sueño están asociadas con la presencia de enfermedades como la depresión y la ansiedad; siendo el procesamiento emocional uno de los primeros que se afecta al alterar la calidad de sueño.

¿QUÉ ES DORMIR BIEN O TENER UN SUEÑO DE CALIDAD?

Es importante saber que el sueño, para ser saludable, debe cumplir con ciertas características como duración, continuidad y profundidad: duración adecuada para sentirse alerta y descansado; suficientemente profundo para ser reparador; y continuo o fluido para que permita completar todas las fases y los ciclos de sueño.

Para la evaluación de la calidad de sueño, es factor fundamental la apreciación del sujeto que duerme, pues la sensación de descanso y de estar alerta durante el día es generalmente un buen indicador de que todo anda bien con nuestro sueño. De tal modo que la presencia de alguna alteración del sueño –como insomnio, trastorno de la respiración al dormir, o algún desorden del movimiento durante la noche, entre otros–, puede ser detectada por la percepción de un pobre descanso o por la somnolencia durante el día.

EL SUEÑO Y EL PROCESAMIENTO EMOCIONAL

Una de las formas más sencillas para reconocer el efecto de una noche de “no dormir” o incluso de “dormir mal” es con el incremento de la irritabilidad emocional y de la fluctuación del estado de ánimo, probablemente por un “sesgo emocional” que ocasiona una evaluación negativa de los estímulos, incluso de los estímulos neutros y que tiene que ver con la interacción de varios componentes que se procesan durante el sueño, como son: 1) la memoria emocional,

2) el condicionamiento del miedo, 3) la reactividad emocional y, 4) la empatía (Tempesta *et al.*, 2018).

Memoria emocional. El sueño se ha vinculado con la memoria a través de sus tres procesos: codificación, consolidación y recuperación. Para entender este componente debemos considerar dos aspectos fundamentales: 1) la memoria es modulada por la fuerza emocional del evento experimentado, y 2) el sueño favorece la consolidación de cualquier estímulo. En este sentido, el sueño favorece la consolidación de estímulos con cualquier carga emocional, e incluso neutros, pero lo que se ha observado es que la pérdida de sueño deteriora la consolidación de eventos positivos o neutros (que sería lo esperado) pero favorece la consolidación de eventos negativos, así como su recuerdo (Tempesta *et al.*, 2018).

Aprendizaje o generalización del miedo. Al sueño también se le ha vinculado con la “generalización” de las amenazas, es decir, extrapolar un aprendizaje negativo a otras situaciones.

Se han planteado distintas formas en las que el sueño puede actuar sobre la generalización del miedo o de la amenaza.

Algunos estudios han señalado que la falta de sueño puede incrementar la percepción de estímulos negativos (sesgo emocional), por lo que al haber mayor percepción de estos se hace más probable la generalización del miedo; sin embargo, otros estudios en condiciones muy particulares, como los eventos traumáticos, señalan que el insomnio agudo, experimentado con frecuencia en las personas después de sufrir un trauma, podría servir para prevenir la consolidación en la memoria del evento traumático y, por consiguiente, evitar la generalización del miedo (Tempesta *et al.*, 2018).

Reactividad emocional. Esta es considerada parte de la regulación afectiva que el sujeto realiza a través de todo un proceso que incluye el monitoreo, la evaluación y la modulación de la intensidad de la reacción emocional (Altena *et al.*, 2016), de modo que, ante la pérdida de sueño, se ha observado mayor percepción de amenaza, por lo que es probable que el individuo reaccione a

más estímulos y lo haga de forma más intensa por la inhibición de regulación afectiva (Dorrian, 2019, Tempesta *et al.*, 2018).

Identificación de señales sociales y empatía. Los efectos de un mal dormir no se limitan al procesamiento de escenas emocionalmente negativas, sino que también se ha encontrado evidencia de que el sueño tiene que ver con el monitoreo social, que significa percibir e interpretar claves relacionadas con uno mismo y con el otro (Dorrian, 2019).

Por lo que individuos con un sueño reducido requieren de una mayor intensidad afectiva para reconocer adecuadamente la emoción expresada por el otro, además de presentar una disminución de su propia respuesta emocional a través de una menor expresividad facial, lo cual tiene el potencial de influir en las interacciones sociales (Tempesta *et al.*, 2018).

¿POR QUÉ EL SUEÑO AFECTA MIS EMOCIONES?

Dormir mal altera la actividad del cerebro, incluidas las regiones y circuitos relacionados con la percepción y expresión de las emociones. Sin embargo, hasta la fecha no existe una explicación única y contundente al respecto.

Algunas propuestas son las siguientes: por un lado, se alteran regiones específicas del cerebro como: a) el hipocampo, estructura del cerebro que participa en funciones como la memoria y las emociones; b) los lóbulos frontales y el circuito mesocortical, regiones involucradas en diversas funciones cognitivas y emocionales que participan en la modulación y modificación de respuestas con el fin de alcanzar metas individuales y adaptarse socialmente, y c) el hipotálamo, estructura encargada de regular el sistema que da respuesta al estrés (Dorrian, 2019, Tempesta *et al.*, 2018).

Por otra parte, existen investigaciones que proponen que dormir mal altera de forma más global al cerebro, por ejemplo, con la alteración de un neurotransmisor conocido como dopamina, o por la activación de todo el cerebro que se encuentra comprometida, dada la inestabilidad del estado de alerta (Dorrian, 2019). Lo que se intenta resaltar es

que el sueño es un componente esencial que tiene efectos moduladores sobre el cerebro.

EL SUEÑO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS Y SU CONTROL EMOCIONAL

La mayoría de las personas podemos tener algún déficit en la calidad del sueño de manera esporádica cuyas consecuencias pueden ser relativamente bien manejadas; el problema ocurre cuando las alteraciones del sueño se convierten en algo crónico, ya que se ha asociado con el desarrollo de enfermedades no solo físicas, sino mentales. En este sentido, hay poblaciones particularmente vulnerables a tener alteraciones crónicas del sueño: ciertas edades (adultos mayores y adolescentes), estilos de vida (trabajadores por turnos, estudiantes) y la presencia de una enfermedad crónica, principalmente de tipo doloroso.

Particularmente a los estudiantes universitarios se les reconoce como una población vulnerable debido a las condiciones de estrés a las que están sometidos, los horarios de entrada o salida que, junto con la carga académica, la exposición lumínica fuera de los horarios de luz natural y las actividades sociales propias de la edad, les dificultan cumplir con los horarios de sueño, todo lo cual favorece el desarrollo de un trastorno del sueño.

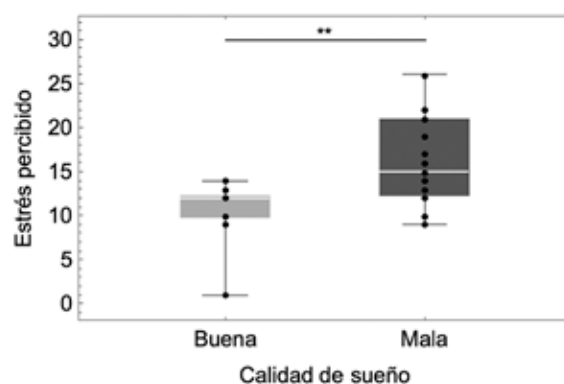


Figura 1. Comparación del estrés percibido de acuerdo con la clasificación de calidad de sueño con el inventario de Pittsburgh. ** Diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p < .01$

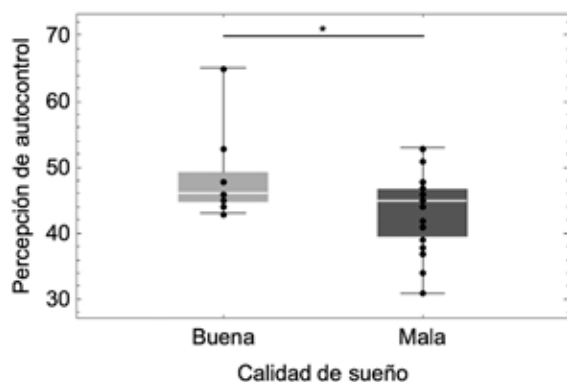


Figura 2. Comparación de la *percepción de autocontrol* de acuerdo con la clasificación de calidad de sueño con el inventario de Pittsburgh. *Diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p < .05$.

En ese sentido, en un grupo de 37 estudiantes de primer ingreso de una institución educativa de nivel superior, se evaluaron, al inicio del ciclo escolar 1) la calidad de sueño (Índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh), 2) la percepción de estrés (Escala de Estrés Percibido-10 ítems) y 3) la capacidad de autocontrol (Escala Breve de Autocontrol).

Se observó que aquellos con un mejor sueño percibían una menor respuesta negativa al estrés, como sentirse menos enfadados, nerviosos o abrumados (Figura 1); asimismo, los estudiantes con un mejor sueño refirieron tener mayor percepción de autocontrol, mostrando respuestas indicadoras de un mejor ajuste psicológico, mejores habilidades interpersonales y menos conductas de riesgo (Figura 2).

¿QUÉ PUEDO HACER PARA MEJORAR MI MANERA DE DORMIR?

En este texto hemos descrito que dormir mal altera el procesamiento de las emociones, pero también las emociones alteran el dormir, lo que da lugar a un proceso que se retroalimenta y, a largo plazo, puede producir mayores alteraciones.

Es importante reconocer que no hay una sola solución para enfrentar este problema, sin embargo, una buena forma para comenzar es establecer

reglas de higiene del sueño; es decir, promover medidas que favorecen el dormir, tales como establecer un horario regular para irse a dormir y para despertar; en caso de tomar siestas, estas no deben exceder los 45 minutos y deberán estar alejadas de la hora de dormir; evitar la ingestión de bebidas estimulantes y alimentos pesados por lo menos 4 horas antes de acostarse; usar ropa de cama cómoda y acogedora, así como procurar estar en una habitación con condiciones de temperatura agradables; hacer ejercicio regularmente; a la hora de dormir, bloquear el ruido y eliminar la mayor cantidad de luz posible; y, por último, reservar la cama para dormir y practicar el sexo, evitando su uso para el trabajo o la recreación general (World Sleep Society).

Se recomienda hacer un ejercicio de reflexión que permita reconocer los aspectos o factores que afecten el dormir y, con ello, en la medida de lo posible, modificar las conductas que alteren el sueño.

R E F E R E N C I A S

- Altena E, Micoulaud-Franchi J-A, Geoffroy P-A, Sanz-Arigita E, Bioulac S and Philip P (2016). The bidirectional relation between emotional reactivity and sleep: From disruption to recovery. *Behavioral Neuroscience* 130(3):336-350. doi: 10.1037/bne0000128.
- Cordoza M, Jones CWand Dinges DF (2022). Biologic effects of disrupted sleep. In: Weinhouse, GL Devlin, JW (eds) *Sleep in Critical Illness*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-06447-0_5.
- Dorrian J, Centofanti S, Smith A and McDermott KD (2019). Self-regulation and social behavior during sleep deprivation. *Progress in Brain Research* 246:73-110. doi: 10.1016/bs.pbr.2019.03.010.
- Tempesta D, Soggi V, De Gennaro L and Ferrara M (2018). Sleep and emotional processing. *Sleep Medicine Reviews* 40:183-195. doi: 10.1016/j.smrv.2017.12.005.
- World Sleep Society (Web oficial de la World Sleep Society). <https://worldsleepsociety.org/>.

Silvia A. Tafoya
stafoya@unam.mx
Claudia Fouilloux-Morales
Departamento de Psiquiatría y Salud Mental
Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Vania Aldrete-Cortez
Laboratorio de Neurociencias Cognitivas y Desarrollo
Escuela de Psicología
Universidad Panamericana

Papiloma humano en hombres: la pandemia oculta

Daniel **Osorio Ángeles**

Laura **Conde Ferráez**

María del Refugio **González Losa**

Las infecciones de transmisión sexual (ITS) representan un grave problema de salud pública. La infección por virus de papiloma humano (VPH) es la ITS viral más frecuente: se estima que el 90 % de las personas sexualmente activas van a adquirirla al menos una vez en su vida, independientemente de edad, origen étnico o prácticas sexuales.

El VPH infecta a piel y mucosa, es responsable de infecciones asintomáticas, patologías benignas y cáncer. Existen más de 200 tipos y pueden clasificarse en virus oncogénicos o de alto riesgo (tipos 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 60, 66) y no oncogénicos o de bajo riesgo (tipos 6, 11, 40, 42, 43, 44, 54, 61, 72, 73 y 81), de acuerdo con su capacidad de causar cáncer (Sendagorta-Cudós *et al.*, 2019).

El VPH ha sido ampliamente estudiado en mujeres debido a su asociación con el cáncer cervicouterino, segunda causa de muerte por cáncer en mujeres en nuestro país. Sin embargo, el virus también infecta a los hombres, hecho que ha sido estudiado más recientemente y de lo que se informa poco. Por esto, el presente artículo pretende dar un panorama general del conocimiento actual de la infección por VPH en hombres.

EL VPH TAMBIÉN ES COSA DE HOMBRES

El 90 % de las infecciones por VPH en varones son subclínicas, lo que significa que la persona infectada no presenta ninguna lesión. La frecuencia de dichas infecciones puede variar de acuerdo con las características de la población estudiada (Aranda Flores, 2015; Brebi *et al.*, 2012).

La Organización Mundial de la Salud reporta una prevalencia global de infección asintomática por VPH en hombres del 21 %; sin embargo, existen estudios que reportan una cifra del 65 % (Giuliano *et al.*, 2008).

¿QUIÉNES ESTÁN RIESGO DE PADECER VPH?

Existen conductas sexuales y características de los sujetos que los hacen más propensos a adquirir la infección, son los llamados factores de riesgo. Los más frecuentes son: inicio de actividad sexual a temprana edad, múltiples parejas sexuales, no utilizar preservativo durante las relaciones sexuales, estar inmunocomprometido y tener otras ITS. También se ha documentado que los hombres sin circuncisión son más propensos a infectarse con VPH y otras ITS. Es importante mencionar que la infección provocada por este virus no solamente se transmite a través de las relaciones sexuales con penetración, también por el contacto directo con los genitales infectados (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2018).

LOS HOMBRES CONTRA EL VPH

Durante el contacto sexual se producen pequeñas heridas que permiten al virus llegar a las células que requiere para iniciar su ciclo de replicación. El 90 % de las infecciones son transitorias, lo que significa que el sistema inmune es capaz de eliminar el virus, solo un pequeño porcentaje no consigue eliminarlo y desarrolla lesiones. A diferencia de otros virus, existe la posibilidad de infectarse en más de una ocasión por el mismo u otro tipo de VPH (De San José *et al.*, 2017).

Vacuna	Tipo de vacuna	Tipos de VPH
Cervarix (European Medicines Agency™)	Bivalente	16 y 18
Gardasil (MERCK™)	Tetravalente	6, 11, 16 y 18
Gardasil 9(MERCK™)	Nonavalente	6, 11, 16, 18, 33, 39, 45, 52 y 58

Tabla 1. Vacunas contra VPH

La manifestación clínica más común de la infección por VPH en los hombres son las verrugas genitales que aparecen predominantemente en las zonas más expuestas durante el acto sexual, como es el caso del pene, aunque se pueden presentar también en pubis, perineo y zona perianal. El 90 % de las verrugas genitales son causadas por los tipos 6 y 11, que no causan cáncer (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2018).

Los hombres infectados por tipos de VPH oncogénicos pueden llegar a desarrollar diferentes tipos de cáncer anogenital, aunque la frecuencia es mucho menor que en las mujeres. El cáncer de ano es un tumor cuya incidencia se ha incrementado en las últimas décadas; las relaciones sexuales anorreceptivas sin protección son el principal factor de riesgo. En 9 de cada 10 tumores se encuentra el virus, especialmente los tipos 16 y 18. Los sujetos que viven con VIH son un grupo particularmente susceptible (Krzowska-Firych *et al.*, 2019).

Otro tumor asociado al VPH es el cáncer de pene, patología poco frecuente, con mal pronóstico si se hace el diagnóstico en estado avanzado. Este tipo de cáncer se expresa en forma de úlceras, crecimiento o lesiones que no curan. Se ha documentado que el 40 % está asociado al VPH (Thomas *et al.*, 2021).

Existen dos formas de disminuir el riesgo de adquirir una infección por VPH:

1. Uso adecuado de condón en todas las relaciones sexuales, sin perder de vista que aquellas zonas que no estén protegidas pueden adquirir el virus (Nielson *et al.*, 2010).

2. Vacunación. A la fecha hay tres vacunas que protegen contra dos, cuatro y nueve tipos de VPH

(Tabla 1). En México solo existen las dos primeras y se aplican en el sistema público de salud a las niñas, pero están aprobadas para su aplicación en niños y adultos jóvenes (Petrosky *et al.*, 2015)

Finalmente, comentaremos sobre diagnóstico y tratamiento en hombres, para los que, a diferencia de las mujeres, no existe una prueba autorizada para el diagnóstico de laboratorio. Las mismas pruebas de biología molecular que se utilizan en las mujeres pueden servir para varones sin lesiones, la problemática es que no existe un protocolo estandarizado para la toma de las muestras. Lo anterior puede llevar a resultados negativos falsos cuando solamente se toma muestra del meato urinario, que es la muestra más frecuentemente evaluada, siendo que otros sitios de los genitales pueden infectarse también. En el caso de varones con verrugas no es necesario realizar ninguna prueba, pues el médico las reconoce visualmente.

El tratamiento de las lesiones en genitales masculinos debe ser realizado por un médico y dependerá del tamaño, número y lugar de las lesiones. Los métodos para eliminar las verrugas son variados: medicamentos de aplicación local o eliminación por congelación, láser, cauterización o remoción quirúrgica. Sin embargo, quienes tienen el virus pero no tienen verrugas, no son candidatos a ningún tratamiento específico.

No existe tratamiento oral o antiviral que elimine el virus. Es muy recomendable mantener un sistema inmunológico saludable que pueda eliminar naturalmente la infección, evitar el tabaco y llevar una buena alimentación.

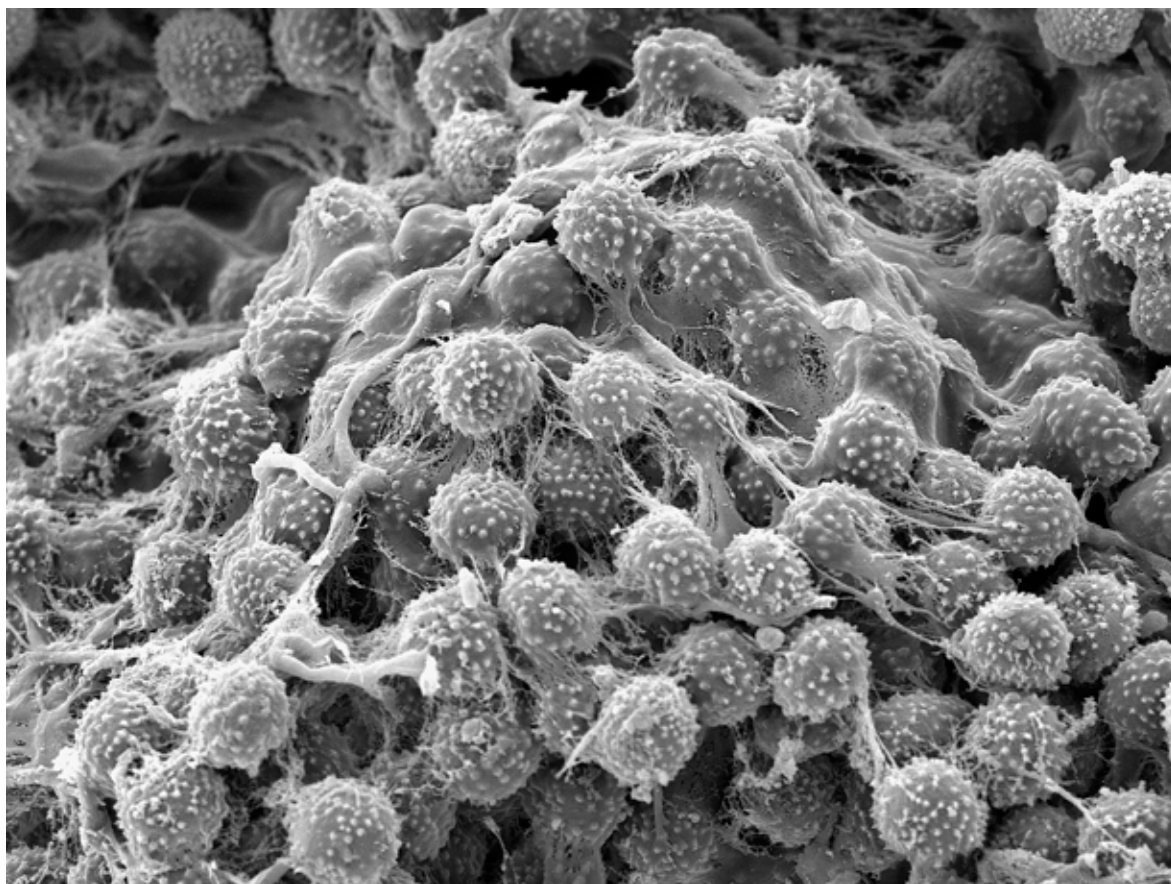
CONCLUSIÓN

La infección por VPH en hombres debe considerarse como una pandemia oculta, ya que la frecuencia de las infecciones asintomáticas es elevada y juega un papel fundamental en la cadena de transmisión. Por ello, es primordial informar a los hombres que el VPH no es exclusivo de mujeres y que puede comprometer su salud y la de sus parejas. Es necesario promover el sexo protegido y la vacunación como estrategias para disminuir la infección.

REFERENCIAS

- Aranda-Flores CE (2015). Infección por el virus del papiloma humano en varones. *Revista de Ginecología y Obstetricia de México* 83:697-706.
- Brebi MP, Hartley BR, Ili CG, Roa SJC y Sánchez R (2013). Infección por el virus del papiloma humano en el hombre y su relación con el cáncer: estado actual y prospectivas. *Revista Internacional de Andrología* 11:25-30.
- De Sanjosé S, Brotons M and Pavón MA (2018). The natural history of human papillomavirus infection. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology* 47:2-13.
- Giuliano AR, Lazcano-Ponce E, Villa LL, Flores R, Salmeron J, Lee JH, Papenfuss MR, Abrahamsen M, Jolles E, Nielson CM, Baggio ML, Silva R and Quiterio M (2008). The human papillomavirus infection in men study: human papillomavirus prevalence and type distribution among men residing in Brazil, Mexico, and the United States. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 17:2036-43.
- Krzowska-Firych J, Lucas G, Lucas C, Lucas N and Pietrzyk Ł (2019). An overview of Human Papillomavirus (HPV) as an etiological factor of the anal cancer. *Journal of Infection and Public Health* 12:1-6.
- Nielson CM, Harris RB, Nyitray AG, Dunne EF, Stone KM and Giuliano AR (2010). Consistent condom use is associated with lower prevalence of human papillomavirus infection in men. *J Infect Dis* 15:445-51.
- Petrosky E, Bocchini JA Jr, Hariri S, Chesson H, Curtis CR, Saraiya M, Unger ER Markowitz LE, Centers for Disease Control and Prevention (2015). Use of 9-valent human papillomavirus (HPV) vaccine: updated HPV vaccination recommendations of the advisory committee on immunization practices. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 64:300-4.
- Rodríguez-Álvarez MI, Gómez-Urquiza JL, Husein-El Ahmed H, Al-bendín-García L, Gómez-Salgado J and Cañadas-De la Fuente GA (2018). Prevalence and Risk Factors of Human Papillomavirus in Male Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* 15:2210.
- Sendagorta-Cudós E, Burgos-Cibrián J y Rodríguez-Iglesias, M (2019). Infecciones genitales por el virus del papiloma humano. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* 37:324-334.
- Thomas A, Necchi A, Muneer A, Tobias-Machado M, Tran ATH, Van Rompuy AS, Spiess PE and Albersen M (2021). Penile cancer. *Nature Reviews Disease Primers* 7:1-24.

Daniel Osorio Ángeles
Laura Conde Ferráez
María del Refugio González Losa
glosa@correo.uady.mx
Laboratorio de Virología
Centro de Investigaciones Regionales
"Dr. Hideyo Noguchi"
Universidad Autónoma de Yucatán



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

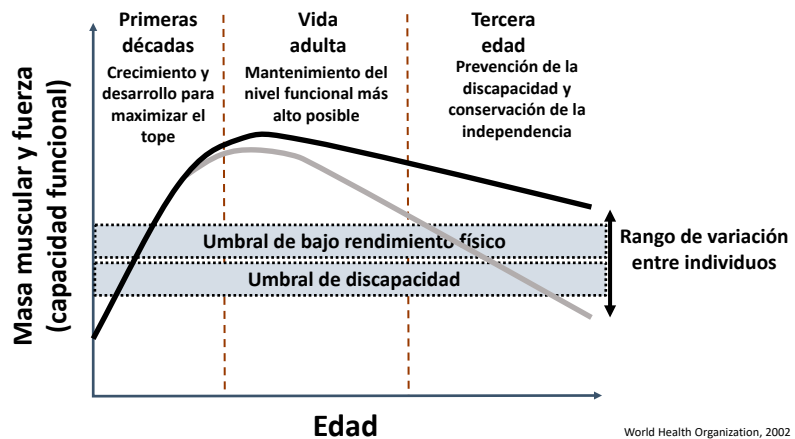
La maquinaria muscular, fuente insuperable de beneficios

J. Ildefonso **Arocha-Rodulfo**

La capacidad funcional comprende un conjunto de cualidades corporales tales como la capacidad aeróbica, la movilidad articular, la velocidad de desplazamiento y de reacción, la agilidad, la coordinación, el equilibrio, la composición corporal, la fuerza y resistencia muscular y, fundamentalmente, está condicionada por el estatus de la maquinaria muscular, la cual rige y condiciona a su vez las actividades de la vida cotidiana y es un determinante en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades crónicas; por tales circunstancias, se ha convertido en un foco de atención por sus implicaciones y beneficios globales para la salud, independiente de la edad, sexo o etnia (Mahecha, 2021).

Alrededor de la mitad del peso corporal está representado por los músculos que se dividen en tres grandes categorías, según su función: esquelético, cardíaco y liso. Cada tipo de tejido muscular en el cuerpo humano tiene una estructura única y una función específica. El músculo esquelético, junto con el sistema óseo, constituyen el aparato locomotor que posibilita movilizarnos gracias a las articulaciones y otra serie de elementos que permiten una delicada pero estrecha vinculación entre el aparato locomotor y el sistema nervioso central (SNC) para la coordinación de los movimientos. El músculo cardíaco contrae el corazón para bombear sangre de manera sistemática, noche y día, para irrigar a todos los tejidos del organismo. El músculo liso, innervado por el sistema nervioso autónomo,

Figura 1. La capacidad funcional, expresión de la masa muscular y su fortaleza, varían a lo largo de la vida: aumentan en la juventud y adultez joven, se estabilizan en el término medio de la vida y merman con el envejecimiento. Obsérvese que el descenso es más lento (curva superior) en unos que en otros (línea interrumpida), lo cual significa que estos últimos tienen menor capacidad funcional y con toda seguridad llevaron una vida más sedentaria con mínima actividad física.



está dispuesto anatómicamente alrededor de órganos huecos como el estómago, el intestino y la vejiga, o en órganos más delicados como el ojo, para graduar la entrada de luz a la retina, o en los minúsculos músculos del oído.

El objetivo este trabajo es exponer una visión sucinta de las excepcionales propiedades del músculo esquelético, su importancia para la salud en general, y la cardiometabólica en particular, y su deterioro funcional con el envejecimiento.

PECULIARIDADES DE LA MASA MUSCULAR

Por muchos años el músculo esquelético fue considerado como una entidad cuya función principal era la deambulación, los cambios de posición y el equilibrio, conceptos que se han modificado en las últimas décadas gracias a un mejor conocimiento, lo que nos permite destacar algunas cualidades en su constitución y funcionamiento:

- Su número alcanza más de 600 músculos, que representan cerca del 40 % del peso corporal; esta proporción es mayor en los atletas y menor en los ancianos y en los sedentarios (Mahecha, 2021).
- A diferencia de otros tejidos, tiene una inusitada propiedad de regeneración en corto tiempo, con una estructura dinámica de excepcional capacidad intrínseca de adaptación metabólica a un sin número de estímulos (ambientales, nutricionales, por enfermedad o entrenamiento), cualidad que es definida como plasticidad, la cual es superior a la de muchos tejidos del organismo (Vargas-Pacheco y Correa-López, 2020).

c. Es un modulador del ritmo circadiano por contener la más grande colección de relojes periféricos del cuerpo humano para mantener la energía corporal y el sustrato metabólico (Juliana *et al.*, 2023).

d. Es el órgano metabólico más grande de nuestro cuerpo, además del hígado, y desempeña una función clave en el metabolismo de los glúcidos y de los lípidos. De hecho, es responsable de la captación de cerca del 80 % de la glucosa posprandial en los seres humanos (Gutierrez-Monreal *et al.*, 2020).

e. Durante la contracción muscular produce una serie de sustancias, denominadas miocinas o mioquinas, que ejercen funciones específicas sobre otros sistemas o tejidos del organismo como el cerebro, el hueso, el páncreas, el sistema inmune, etcétera (Severinsen y Pedersen, 2020).

EVOLUCIÓN DE LA MASA MUSCULAR

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha desarrollado el ciclo vital como un marco conceptual en que el patrón o guía es la capacidad funcional (por ejemplo, la capacidad de ventilación, la fuerza muscular, el rendimiento cardiovascular), que aumenta en la niñez y llega a su máximo en los adultos jóvenes, seguida con el tiempo del menoscabo propio de la tercera edad (World Health Organization, 2002).

Esta velocidad de deterioro de la capacidad funcional está determinada en gran parte por factores relacionados con el modo de vida durante la juventud y la adultez joven, especialmente por el

grado de actividad física, incluyendo el desarrollo muscular y el régimen alimentario (Figura 1).

CAPACIDAD FUNCIONAL DURANTE EL CICLO VITAL

La fuerza y poder o potencia del músculo esquelético declina con el paso de los años bajo las siguientes premisas (Mahecha, 2021; Morgan y Patridge, 2020):

Puede iniciarse alrededor de los 35 años, dependiendo de si la persona es activa o sedentaria.

Cursa a una velocidad de 1 % a 2 % por año para la mayoría de las personas, acelerándose a un 3 % a partir de los 60 años.

Por cada década por encima de los 40 años, el poder de la masa declina en 17 % y la fortaleza en 10 %.

A la edad de 70 años se habrá perdido el 51 % del poder y el 30 % de la fortaleza. Se pierde poder casi al doble de lo que se pierde en fortaleza.

Según los hábitos (activo o sedentario), esta pérdida puede ser leve, moderada o severa; aunque, en promedio para un adulto sedentario, puede llegar a ser de 2 a 3 kg de músculo por década, siendo esta masa reemplazada por grasa, razón por la cual no se modifica el peso corporal. Lo grave de este recambio es la pérdida de células que son beneficiosas para la salud; en su lugar aparecen otras poco o nada funcionales que incluso pueden ser perjudiciales.

LOS MENSAJEROS DEL TRABAJO MUSCULAR

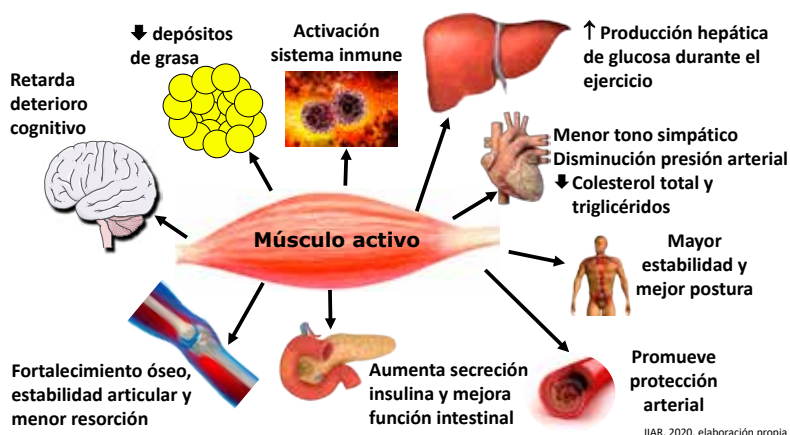
Desde hace casi medio siglo el músculo esquelético se ha considerado como un tejido metabólicamente activo con funciones autocrinas, paracrinas y endocrinas que pueden regular su propio metabolismo, y con influencia moduladora en otros tejidos como el adiposo, el hígado o el cerebro. Pedersen y colaboradores (2007) han determinado que el músculo produce una serie de compuestos a los que les dio el nombre de miocinas o mioquinas, péptidos sintetizados y liberados por el miocito en respuesta a las contracciones musculares. Actualmente se especula que existen cientos de estos compuestos y solo en el 5 % se ha identificado claramente sus funciones.

Las mioquinas están involucradas en procesos imprescindibles en los mecanismos de comunicación con otros tejidos (*cross-talking*) durante la actividad muscular, lo que puede resultar en efectos biológicos, como ha sido comprobado en la prevención, alivio e incluso tratamiento de varias enfermedades crónicas, desde las cardiovasculares hasta el cáncer y la depresión (Severinsen y Pedersen, 2020).

La interleucina-6 o interleuquina-6 (IL-6) es la mioquina más estudiada y conocida. Es liberada a la circulación durante la contracción muscular en altas concentraciones (hasta 100 veces, dependiendo de tipo, intensidad y densidad del ejercicio) para mejorar la gestión de la glucosa aumentando la sensibilidad de la insulina. Optimiza los procesos metabólicos, posee efectos antiinflamatorios al regular la inflamación aguda e inhibe las concentraciones circulantes del factor alfa de necrosis tumoral (TNF- α por su siglas en inglés) y, por ende, contrarresta la resistencia a la insulina, estimula la producción de otras citoquinas como la IL-1 α y la IL-10 y participa en la reducción de la adiposidad visceral, la cual juega un papel importante en la producción de adipocitoquinas proinflamatorias y del sistema renina angiotensina.

Otras citoquinas musculares son las exerquinas (*exerkines*), que comprenden factores humorales (péptidos, metabolitos y microRNAs, que no son más que RNA –*ácidos ribonucleicos*– pequeños no codificados que controlan la expresión de genes a nivel postranscripcional por degradación o inhibición de la translación del mRNA), secretados en la circulación por cualquier órgano como respuesta al ejercicio agudo o por el entrenamiento. Estas exerquinas pueden ser secretadas directamente en la circulación o transportadas por vehículos extracelulares como exosomas y sus dianas moleculares, y receptores que se encuentran a todo lo largo del organismo, incluyendo músculo esquelético, tejido graso, hígado, páncreas, hueso, corazón, sistema inmune y células cerebrales, aunque todavía no se conocen a cabalidad sus funciones.

Figura 2. Acciones pluridimensionales beneficiosas sobre la salud del músculo activo. Los efectos beneficiosos del músculo activo cubren a todos los tejidos y órganos del cuerpo, especialmente en las condiciones cardiometabólicas (enfermedad cardiovascular aterosclerótica, diabetes tipo 2 y prediabetes, sobrepeso u obesidad, e hipertensión arterial) con una relación de dosis respuesta. Simplemente: mayor duración y mayor esfuerzo, mejores resultados.



JJAR, 2020, elaboración propia

TRABAJO MUSCULAR, LA MEJOR MEDICINA

El entrenamiento de fuerza o de resistencia es uno de los pilares para retardar la progresión de la sarcopenia (pérdida de la masa muscular y de la fuerza que ocurre con el envejecimiento); puede realizarse por medio del uso de pesas, máquinas, tubos elásticos o el mismo peso corporal (sentadillas, lagartijas, natación, etc.).

Además, este tipo de ejercicio es imprescindible en el binomio músculo-hueso que funciona en un sistema de retroalimentación positiva: lo que es bueno para el músculo lo es para el hueso y viceversa, ya que la contracción muscular fomenta su fortaleza y retarda la pérdida de la masa ósea, que avanza más rápidamente en las personas sedentarias. En resumen, los ejercicios de resistencia conllevan a huesos más fuertes y densos, menor pérdida de masa muscular y mayor estabilidad corporal.

Esto no excluye que otros tipos de ejercicios (como el caminar) o prácticas deportivas (ciclismo o natación) tengan un menor rendimiento o beneficio, es tan solo por la ventaja de que se pueden realizar en casa y a cualquier hora del día. Más aún: la combinación de ambas estrategias rinde mayores beneficios sobre la salud en general.

La puesta en juego de la maquinaria muscular a través de la práctica rutinaria de ejercicios o deportes tiene efectos significativos sobre la salud y ningún órgano o sistema escapa a ellos (Figura 2).

ACTIVIDAD MUSCULAR Y DETERIORO COGNITIVO

Comúnmente, los beneficios de la actividad muscular se relacionan con la esfera cardiometabólica y se recomiendan para bajar de peso, controlar la presión arterial elevada, la glucemia o los lípidos elevados. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, no existe órgano o tejido que escape de los efectos favorables del ejercicio, y especialmente el SNC en lo referente a la esfera cognitiva (Figura 3).

Los efectos neurocognitivos del ejercicio se han analizado desde su papel en la perfusión y el volumen cerebral, la neuroplasticidad sináptica, la conectividad y los procesos de neurogénesis y sinaptogénesis, que varían según la intensidad, tipo y duración del ejercicio, así como por el efecto en la prevención o retardo en la progresión de enfermedades neurodegenerativas, a sabiendas de que, hasta el momento, ningún procedimiento o medicamento es realmente efectivo para su tratamiento, y de que tales condiciones tienden a progresar hasta la discapacidad total generando inmensos costos personales y socioeconómicos (Vargas Pacheco y Correa-López, 2022; Severinsen y Pedersen, 2020; Pedersen *et al.*, 2007; Babaei y Azari, 2022).

Recientemente se ha podido saber de la existencia de una conexión músculo-cerebro influyente en comportamientos complejos dependientes del cerebro, como la depresión, los patrones de sueño y la biosíntesis de neurotransmisores. Por otro lado, la señalización de mioquinas adapta el comportamiento de la alimentación para satisfacer las demandas de energía del músculo esquelético.

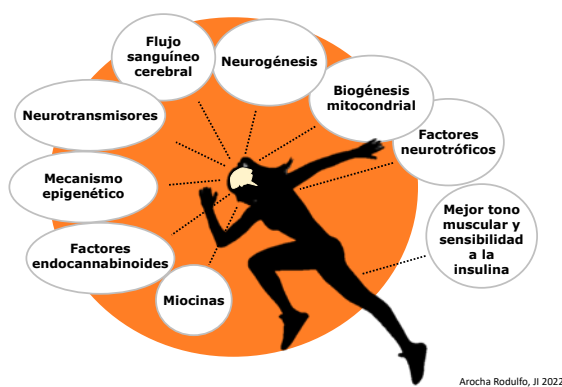


Figura 3. Mecanismos potenciales del beneficio neurocognitivo del ejercicio. Entre los mecanismos de acción se cuentan: la mejora en el flujo sanguíneo, particularmente en el hipocampo, un área importante para el aprendizaje y la memoria; incremento en la integridad de la materia gris y de regiones cerebrales (neurogénesis), particularmente el hipocampo, y de la materia blanca en áreas relacionadas con la memoria en sujetos con deterioro cognitivo leve; acciones neurotróficas de ciertas mioquinas como la irisina, el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), la fractalquina, el factor 21 de crecimiento del fibroblasto (FGF21), la catepsina B (CTSB), la apelina y el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1) involucrados en la plasticidad del hipocampo y la memoria a largo plazo; por acción de neurotransmisores, ya que aumentan las catecolaminas circulantes, resultando en mayor capacidad de retención de la memoria a mediano y largo plazo.

Al contrario de las mioquinas protectores inducidas por el ejercicio y las vías de señalización asociadas, la inactividad y el deterioro muscular pueden afectar la expresión y secreción de mioquinas y, a su vez, comprometer la función del SNC (Vargas Pacheco y Correa-López, 2022; Severinsen y Pedersen, 2020; Pedersen *et al*, 2007). En virtud de ello, se especula que adaptar la señalización del músculo al SNC mediante la modulación de las mioquinas y miometabolitos, puede combatir la neurodegeneración y las enfermedades neurológicas relacionadas con la edad (Rai y Demontis, 2022).

REFLEXIONES FINALES

El músculo esquelético es un tejido dinámico con una sorprendente habilidad intrínseca de adaptación metabólica; esta propiedad decae notoriamente con la obesidad, el desuso y el sedentarismo, debido a la acumulación intramuscular de lípidos que, a su vez, entorpece la función y la capacidad de las mitocondrias, organelos intracelulares que son los generadores de energía para la contracción muscular.

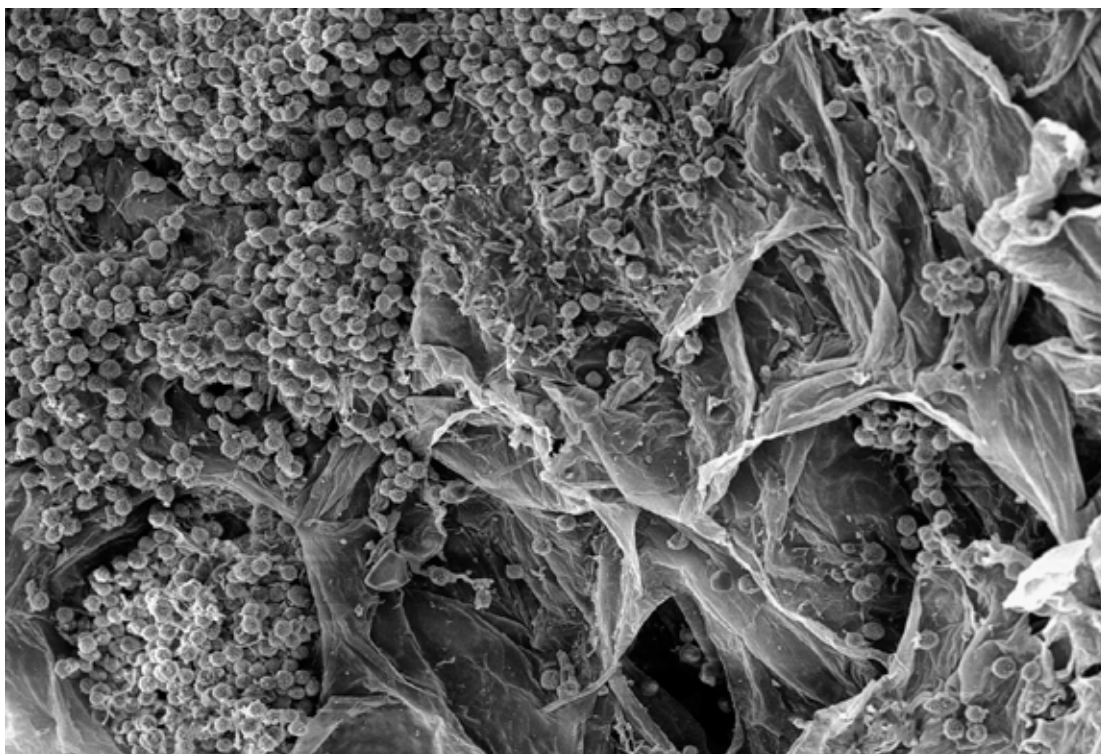
La estimulación nerviosa, junto con la señalización del calcio y los cambios metabólicos que ocurren en la contracción muscular, probablemente sean los instigadores de las adaptaciones del músculo al ejercicio. Estas señales varían dramáticamente, tanto en calidad como en cantidad, en respuesta a los diferentes tipos de ejercicio, su intensidad y duración. Por su parte, los efectos de la actividad física sobre el organismo difieren

ampliamente dependiendo del tipo de ejercicio, dosis, intensidad y frecuencia, así como también existe una amplia variabilidad interindividual de adaptación (Vargas-Pacheco y Correa-López, 2022; Morgan y Patridge, 2020; Babaei y Azari, 2022).

Actualmente es indiscutible que una contextura muscular deficiente se relaciona con mayor morbilidad, mortalidad y progresión de la sarcopenia, cuyos efectos afectan todas las manifestaciones de la fuerza y se expresan fundamentalmente en la disminución de la potencia, la velocidad de la marcha, el incremento en el riesgo de caídas y la reducción de la capacidad para llevar a cabo las actividades de la vida diaria, lo cual también tiene implicaciones en la funcionalidad de las personas mayores, especialmente para su calidad de vida al aumentar el riesgo de discapacidad y dependencia.

La evidencia disponible señala que la prevención o atenuación de la inflamación, a través de la actividad física, es un mecanismo potencialmente efectivo en la protección contra el desarrollo de enfermedades crónicas, y tales reducciones en la inflamación sistémica han sido detectadas en sujetos aparentemente sanos, así como también en condiciones crónicas como enfermedad cardiovascular, diabetes tipo 2, cáncer de mama y cáncer de colon.

Visto que la capacidad funcional merma con el envejecimiento y que un buen desarrollo del tejido muscular amortigua o, al menos en parte, retarda dicho deterioro, se hace imperativa, dentro de la población general, la educación y promoción del



deporte y del ejercicio para fortalecer la masa muscular en las primeras cuatro décadas de la vida, mantenerla en las décadas siguientes y minimizar la pérdida en el adulto mayor. El deterioro de la masa muscular esquelética representa un serio problema de salud pública mundial, especialmente en la tercera edad, por los riesgos de la dependencia y los elevados costes en la seguridad social. Hasta el momento, la actividad física programada y vigorosa es la única estrategia comprobada para ralentizar la declinación funcional que ocurre al envejecer.

REFERENCIAS

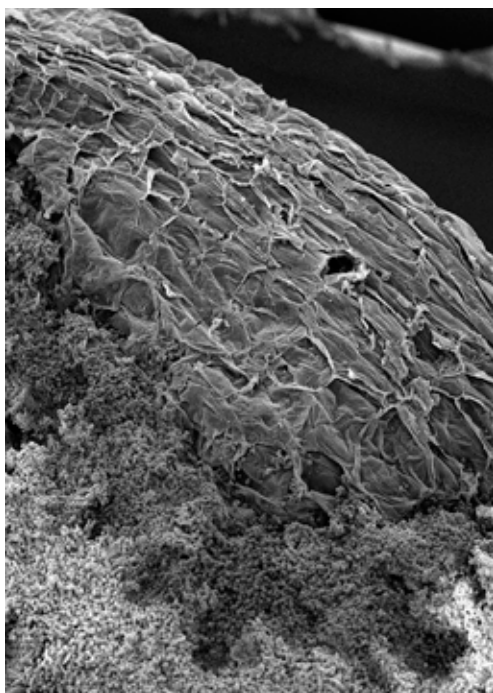
- Babaei P and Azari HB (2022). Exercise training improves memory performance in older adults: a narrative review of evidence and possible mechanisms. *Front Hum Neurosci* 15:771553. doi:10.3389/fnhum.2021.771553.
- Gutierrez-Monreal MA, Harmsen JF, Schrauwen P and Esser KA (2020). Ticking for metabolic health: the skeletal-muscle clocks. *Obesity* (Silver Spring). 28 Suppl 1 (Suppl 1):S46-S54. doi:10.1002/oby.22826.
- Juliana N, Azmi L, Effendy NM et al (2023). Effect of circadian rhythm disturbance on the human musculoskeletal system and the importance of nutritional strategies. *Nutrients* 15(3):734. doi:10.3390/nu15030734.
- Mahecha Matsudo SM (2021). Poder del músculo esquelético en la salud y enfermedad. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo* 4(4). doi:10.35454/rncm.v4n4.288.
- Morgan J and Partridge T (2020). Skeletal muscle in health and disease. *Dis Model Mech* 13(2):dmm042192. doi:10.1242/dmm.042192.
- Pedersen BK, Akerström TC, Nielsen AR and Fischer CP (2007). Role of myokines in exercise and metabolism. *J Appl Physiol* 103(3):1093-98. doi:10.1152/japophysiol.00080.2007.
- Rai M and Demontis F (2022). Muscle-to-Brain signalling via myokines and myometabolites. *Brain Plast* 8:43-63. doi:10.3233/BPL-210133.
- Severinsen MCK and Pedersen BK (2020). Muscle-Organ cross-talk: the emerging roles of myokines. *Endocr Rev* 41(4):594-609. doi:10.1210/edrev/bnaa016.
- Vargas-Pacheco A y Correa-López LE (2022). El ejercicio como protagonista en la plasticidad muscular y en el músculo como un órgano endocrino: Implicaciones en las enfermedades crónicas. *Rev. Fac. Med. Hum* 22(1):181-192; doi: 0.25176/RFMH.v22i1.4129.
- World Health Organization (2002). Active ageing: A Policy Framework. Geneva: World Health Organization.

J. Ildefonso Arocha-Rodulfo
Sociedad Venezolana de Cardiología
Claret Outpatient Clinic
Caracas, Venezuela
jiarocha@gmail.com

Obra gráfica: Microscopía electrónica del huitlacoche

Luz Noyola-Méndez

Es bióloga egresada de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Maestra en Ciencias del Desarrollo Agrícola Regional por el Colegio de Posgraduados de Puebla y actualmente realiza su doctorado en ciencias en ecología y desarrollo sustentable en el Colegio de la Frontera Sur de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Durante la realización de mi tesis de maestría en el laboratorio de hongos comestibles, funcionales y medicinales del Colegio de Postgraduados *campus* Puebla, tuve la oportunidad de realizar una estancia en la Unidad de Microscopía Electrónica del Campus Montecillo del propio Colpos. Mi investigación relacionada a las propiedades funcionales del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*) me llevó a estudiar también aspectos de su morfología, por lo que realicé un análisis con microscopía electrónica de barrido.

Las micrografías que se observan tienen diferentes aumentos que van del 100X hasta llegar a un aumento de 4000X.

Esta investigación se realizó gracias al apoyo de CONAHCYT, a los investigadores Dr. Porfirio Morales Almora, Dr. Daniel Claudio Martínez Carrera, Dra. Mercedes Sobal Cruz y muy especialmente a la Dra. Araceli Zavaleta Mancera y a su equipo: Simón, Estela y Susana, quienes me acogieron en su laboratorio con lo que fue posible acceder a esta tecnología.

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



Nuevas vistas en el universo: explorando el cosmos con catálogos de galaxias

Alejandro **Avilés**
Jorge L. **Cervantes-Cota**

Cuando observamos el cielo en una noche estrellada podemos ver algunos de los planetas de nuestro sistema solar y una multitud de estrellas que parecen lejanas y que no denotan a qué estructura u objeto pertenecen. Hoy en día sabemos que casi todas las estrellas que vemos son parte de nuestra galaxia, la Vía Láctea, que es un conglomerado de aproximadamente cien mil millones de estrellas circundando alrededor de su centro y que tardan cerca de cien millones de años en dar una sola vuelta. Posicionados aquí, en la vuelta anterior los dinosaurios todavía existían. Para la escala humana ese tiempo es enorme, pero en la escala galáctica es el tiempo de tan solo una órbita.

La cosmología es el estudio de las grandes estructuras del universo y de su luz, que permea todo el cosmos. En una analogía biológica, esas estructuras están formadas por pequeñas “células”, las galaxias, que integran “órganos” más grandes. Ese conjunto es parte del estudio de la cosmología, ciencia que es una mezcla interdisciplinaria de varias otras ciencias, como física, astronomía, matemáticas, computación y métodos estadísticos. Con todos esos saberes podemos llevar a cabo el análisis de una inmensidad de objetos y de la luz que nos llega del cosmos hasta la Tierra.

Sabemos que la luz tiene una velocidad enorme, pero finita. Es de unos 300,000 kilómetros por segundo, y eso hace que su propagación nos parezca instantánea; pero la luz lejana, proveniente del vasto universo, puede tardar mucho tiempo en viajar hasta nosotros. Por ello, cuando vemos esa luz estamos observando el pasado de un objeto lejano. En principio, lo más lejano que podríamos observar es el origen mismo del universo; sin embargo, como explicaremos más adelante, no es posible ver una luz tan antigua, sino solo la proveniente de un tiempo posterior.

LA RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO

El universo nació aquí, y en todos lados, hace alrededor de 13,800 millones de años. El espacio que conforma al universo, como lo conocemos hoy, se expandió desde una fracción muy pequeña de centímetro en una fracción muy pequeña de segundo, y dio lugar a un universo visible que es enorme, con un diámetro de aproximadamente 9,000 millones de años luz. Un año luz es la distancia que recorre la luz en un año, es decir, unos diez millones de millones de kilómetros, la cual es una medida astronómica conveniente para medir distancias en el universo; por ejemplo, la distancia de la Tierra al centro de la Vía Láctea es de unos veintiséis mil años luz, mientras que la distancia a Andrómeda, la galaxia más cercana a nosotros, es de 2.5 millones de años luz. Podemos ver, entonces, que el universo es muy viejo y muy grande.

Para llegar a esas conclusiones, la cosmología utiliza la teoría de la relatividad general de Einstein, que a poco más de cien años de su postulación en 1915 sigue vigente y explica todos los fenómenos gravitacionales que observamos (Cervantes-Cota *et al*, 2019). Sin embargo, su validez es incierta, particularmente en dos casos: en el origen mismo del universo y en el interior de los agujeros negros; fuera de eso, pensamos que es una teoría válida para el universo. Se complementa con la teoría de las partículas elementales, el esquema teórico que

nos explica las propiedades del contenido material del universo. Mientras que la relatividad general nos guía para saber cómo es la expansión del universo, las propiedades de las partículas elementales presentes en el universo temprano nos dicen cómo se van transformando estas para conformar el vasto universo.

Según el modelo estándar de la cosmología, el universo se originó en una muy pequeña región del espacio, con muy altas densidades y temperaturas, en el evento que es conocido como la Gran Explosión (o *Big Bang*). A medida que el universo se expande, se enfría y su contenido material sufre una serie de transformaciones. Las partículas elementales iniciales (cuarks, gluones, electrones, fotones, etc.), existentes cuando el universo tenía una muy pequeña fracción de segundo, dieron paso a las partículas estables conocidas hoy en día: protones, neutrones, electrones, fotones (luz) y neutrinos. Estas partículas dan origen, durante los primeros segundos del universo, a los primeros elementos conocidos de la tabla periódica. Se formó el Hidrógeno, el Helio, el Litio, y pequeños rastros de otros elementos ligeros, y todos interactuaban mucho con la luz. El universo era opaco. Después, cuando el universo tenía alrededor de 380,000 años de edad, pasó a ser transparente –sus átomos se hicieron neutros y la luz pudo viajar libremente. Ese momento del universo es conocido como la época de la última dispersión, a partir de la cual la luz del universo viaja hacia todos lados y nos encuentra miles de millones de años después en el planeta Tierra.

Esa luz, que es llamada radiación cósmica de fondo, fue emitida con longitudes de onda pequeñas, pero debido a la expansión del universo esas longitudes han crecido alrededor de mil veces, para ser medida hoy en día como microondas. Esa luz ha sido identificada y medida desde los años sesenta del siglo pasado mediante investigaciones que han merecido dos premios Nobel de física (en 1978, por el descubrimiento inicial, se le otorgó a Arno Penzias y Robert Wilson), y se le atribuyó una temperatura de 2.7 grados Kelvin o 270 grados Celsius bajo cero –¡muy fría!– Pero en el pasado el universo

era caliente, y debido a la expansión se ha venido enfriando. Este descubrimiento permitió entonces confirmar que el universo tuvo su origen en un *Big Bang* caliente.

El segundo Nobel fue otorgado en 2006 a John Mather y George Smoot por los experimentos del satélite COBE de finales de los años ochenta. Con el satélite, Mather encontró que las intensidades de dicha luz y sus frecuencias siguen el patrón de un cuerpo negro, que se caracteriza por ser un absorbente perfecto. La radiación de cuerpo negro se da cuando la luz se encuentra en equilibrio con la materia, y por tanto el descubrimiento de Mather nos indica que en la época de la superficie de última dispersión el universo se encontraba en equilibrio termodinámico.

En el otro experimento de COBE, George Smoot encontró que la luz presenta anisotropías. La temperatura medida a diferentes ángulos no es exactamente la misma, sino que tiene pequeñas desviaciones de alrededor de una parte en cien mil; es una muy pequeña desviación, pero importante. Este descubrimiento implica que las pequeñas desviaciones de la luz están asociadas a inhomogeneidades en la distribución de materia en la época de la superficie de última dispersión, las cuales representan las “semillas” que dieron lugar a la formación de la estructura de las galaxias, la estructura de la que hablamos al inicio. Hay que saber que en un universo perfectamente homogéneo e isótropo no se podría formar estructura, por lo que las anisotropías son necesarias para entender la existencia de estrellas y galaxias. En el modelo estándar de la cosmología se tiene una explicación del origen de esas anisotropías: provienen de campos cuánticos existentes en el inicio de la expansión del universo, en una etapa en la cual este creció de manera acelerada, conocida como inflación.

En años posteriores, otros equipos experimentales han medido propiedades más finas de la radiación cósmica de fondo, lo que nos ha ayudado a entender en detalle el universo primigenio. Entre tales investigaciones están las realizadas con los satélites WMAP (década del 2000) y Planck (década del 2010), y algunas otras que recientemente han

medido la radiación a ángulos muy pequeñas, entre ellas ACT, SPT, BICEP/KECK y POLARBEAR.

FORMACIÓN DE ESTRUCTURA

La materia del universo observada hoy en día está distribuida en estructuras que a grandes escalas cósmicas van de galaxias, como una célula mínima, a los cúmulos de galaxias, y a distancias más grandes a los supercúmulos de galaxias. Esa distribución cósmica se formó a partir de las pequeñas inhomogeneidades en la distribución que había en el universo temprano. Con esas semillas iniciales empezó en el pasado el colapso gravitacional que dio origen a todo lo que podemos observar hoy en día: la inmensidad de estrellas y galaxias.

La luz, dijimos, tarda en viajar, y al verla sabemos que proviene del pasado. Cuando observamos una galaxia podemos ubicar el lugar y tiempo en los que fue emitida su luz. Para ello necesitamos un modelo cosmológico que relacione las propiedades de esa luz. Al expandirse el universo, se expande también la longitud de onda de la luz, provocando un agrandamiento de su longitud, llamado corrimiento al rojo. Este corrimiento es similar al efecto Doppler que ocurre cuando se aleja un tren de nosotros: escuchamos un cambio de frecuencia del sonido que emite hacia los tonos graves. Así, todas las ondas sufren ese corrimiento en su longitud de onda, pero en este caso lo provoca la expansión del universo. El corrimiento provoca longitudes de onda mayores —es decir, luz corrida al rojo— con menores frecuencias y energías. Al compararla con el mismo tipo de luz aquí en la Tierra podemos deducir qué tanto se corrió la luz, y sabemos entonces desde qué tan lejos proviene y cuándo fue emitida. El corrimiento al rojo, denotado por la letra z , es inversamente proporcional al tamaño que tenía el universo al momento en que la luz que observamos fue emitida. Como el tamaño del universo crece con el tiempo, el corrimiento al rojo es comúnmente usado como escala temporal. Mientras z es más grande, más hacia el pasado (y más lejos) está el objeto que observamos.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Un $z = 0$ corresponde a la actualidad. Un z de alrededor de 1,000 corresponde al tiempo en que la radiación cósmica de fondo fue emitida y a una época en que el universo era 1000 veces más pequeño.

Las macroestructuras del cosmos se miden con telescopios que analizan la luz proveniente de las galaxias y cuásares. Esto se hace a diferentes corrimientos al rojo; los corrimientos pequeños corresponden a la luz emitida hace menos tiempo, es decir, es de las galaxias más cercanas, mientras que la luz de las galaxias lejanas muestra corrimientos al rojo grandes. Las galaxias o protogalaxias aisladas más lejanas que se han medido presentan un $z = 10$, pero eso sí es muy lejano. Lo más común es encontrar muchas galaxias con corrimientos al rojo pequeños. Se estima que hay más de cien mil millones de galaxias en el universo observable, y el reto es entonces medir multitudes de ellas para saber cómo ha evolucionado la estructura que forman. Esa tarea es muy importante porque las galaxias no las observamos distribuidas al azar,

sino que hay ciertos patrones o estructuras que dependen de la composición y de la historia del universo. Al medir sus posiciones y otros de sus atributos podemos deducir propiedades fundamentales de la naturaleza.

LOS NUEVOS ENTES DEL UNIVERSO

En los años treinta del siglo pasado hubo dos descubrimientos aparentemente desconectados entre sí. Uno, sobre el movimiento de las estrellas en nuestra galaxia, fue realizado por el holandés Jan Oort, quien se dio cuenta de que para explicar las altas velocidades de las estrellas se necesitaba una gran cantidad de materia que no se veía: la materia perdida. Por otro lado, el astrónomo suizo de origen búlgaro Fritz Zwicky midió excesos de velocidades, no de estrellas, sino de galaxias, y demostró también la existencia de la materia perdida a escalas más grandes, en los cúmulos de galaxias. Posteriormente, en los años setenta, la astrónoma estadounidense Vera Rubin midió con cuidado las curvas de rotación de las estrellas de varias galaxias individualmente, confirmando de una manera muy convincente que había un excedente en las velocidades medidas en comparación con la materia observada. La hipótesis fue entonces que debiera haber “halos” de materia perdida, hoy llamada “materia oscura”, que viven alrededor de la materia visible, con una distribución cercana a la esférica. Otros investigadores demostraron que los halos también se necesitaban para dar estabilidad a los discos de estrellas de las galaxias espirales; de otra manera, su gran velocidad de rotación expulsaría a sus estrellas al espacio.

En los años posteriores, tanto las observaciones de la radiación cósmica de fondo como los mapas de galaxias, ayudaron a entender la necesidad de que existiera la materia oscura. Esta es mucho más abundante que la materia estándar –formada por átomos y también llamada materia bariónica– de tal manera que, dentro de una galaxia, aproximadamente 90 % de la materia es oscura y solo 10 % es materia estándar o bariónica. A escala de todo el cosmos la proporción es menor, pero la cantidad de materia oscura sigue siendo mucho mayor que

la de estándar. Las mediciones modernas nos dicen que existe en el universo cinco veces más materia oscura que bariónica.

Esta materia desconocida, de la que solo sabemos que gravita (y por tanto, que tiene masa) y que no emite luz ni interactúa de manera apreciable con la demás materia. La materia oscura es buscada intensamente en varios experimentos actuales en la Tierra, aunque hasta la fecha no se ha encontrado evidencia de su existencia, por lo que las interacciones fundamentales de la física de partículas no parecen ser parte de las propiedades de la materia oscura. Solo sabemos que gravita, pero al parecer no interactúa de otra forma.

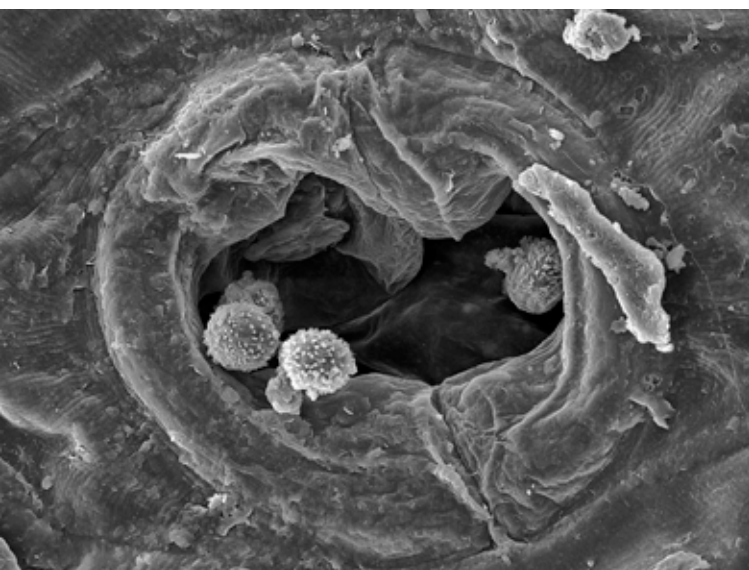
Sin embargo, esto no es el final de las sorpresas. Aparte de la materia oscura, hubo otro descubrimiento a finales de la década de 1990. Dos grupos independientes de astrónomos, uno dirigido por Saul Perlmutter y el otro por Adam Riess y Brian Schmidt, descubrieron que las distancias medidas a las supernovas tipo Ia solo coinciden con la teoría cosmológica si se adiciona a la teoría de la relatividad general una constante –que, por otro lado, el mismo Einstein había introducido por otras razones, y al final descartado. Los tres astrónomos descubrieron que el universo actual se encuentra en expansión

acelerada desde hace algún tiempo (con corrimiento aproximado de $z = 0.5$), y por ello recibieron el Premio Nobel de Física en 2011. El universo vivía un crecimiento, pero desacelerado, y desde $z = 0.5$ hasta hoy en día ($z = 0$) se está acelerando.

El origen de esta constante cosmológica es entonces algo que se debe explicar. La hipótesis más sencilla, y más aceptada, es que se trata de una nueva constante de la naturaleza. Pero su valor es intrigante, ya que es lo suficientemente pequeño y eso explica que en la historia pasada del cosmos no tuviera influencia. En la evolución del cosmos, la expansión del universo sintió su efecto solo desde corrimientos al rojo de alrededor de $z = 0.5$, pero antes no. Su efecto es, sin embargo, muy importante. Provoca que el universo no solo se expanda, sino que lo haga de manera acelerada, similar a la de la etapa de la inflación, en épocas muy tempranas del universo. Esa expansión rápida, por otro lado, ha hecho que en tiempos recientes las estructuras del cosmos de muy grande escala hayan dejado de formarse. De ser cierta esta explicación, en un futuro –aunque muy, muy lejano– las galaxias estarán tan separadas entre sí que no será posible observar ninguna, aparte de la nuestra: ¡estaremos solos en el universo!

De manera general, uno se puede imaginar que quizá no se trata de una constante, sino que su origen está en un nuevo campo físico; por ejemplo, un cierto tipo de energía nueva, que evoluciona en el tiempo, pero su cambio es lento, a ritmos de las escalas cósmicas. Cualquiera que fuese el caso, genéricamente se le llama a este nuevo ente “energía oscura”, término acuñado por el cosmólogo Michael Turner, de la Universidad de Chicago. Esta forma de energía tampoco emite luz ni interactúa de otra forma, y es la causante de la presente expansión acelerada. La influencia de la energía oscura no es relevante en regiones pequeñas, por ejemplo, dentro de una galaxia, pero su escasa cantidad de energía se acumula y se vuelve importante cuando consideramos volúmenes cósmicos, y es ahí donde su contribución es apreciable.

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



Los descubrimientos astronómicos descritos nos llevan a concluir que en el universo actual el contenido energético es de aproximadamente 70 % de energía oscura, 25 % de materia oscura y solo 5 % de materia bariónica ordinaria (núcleos atómicos). Existen, además, neutrinos y luz, pero su contenido energético actual contribuye con un porcentaje mucho menor. Más informaciones sobre la materia oscura se pueden consultar en Vazquez- González y Matos, 2008, y sobre la energía oscura en Perlmutter, 2003.

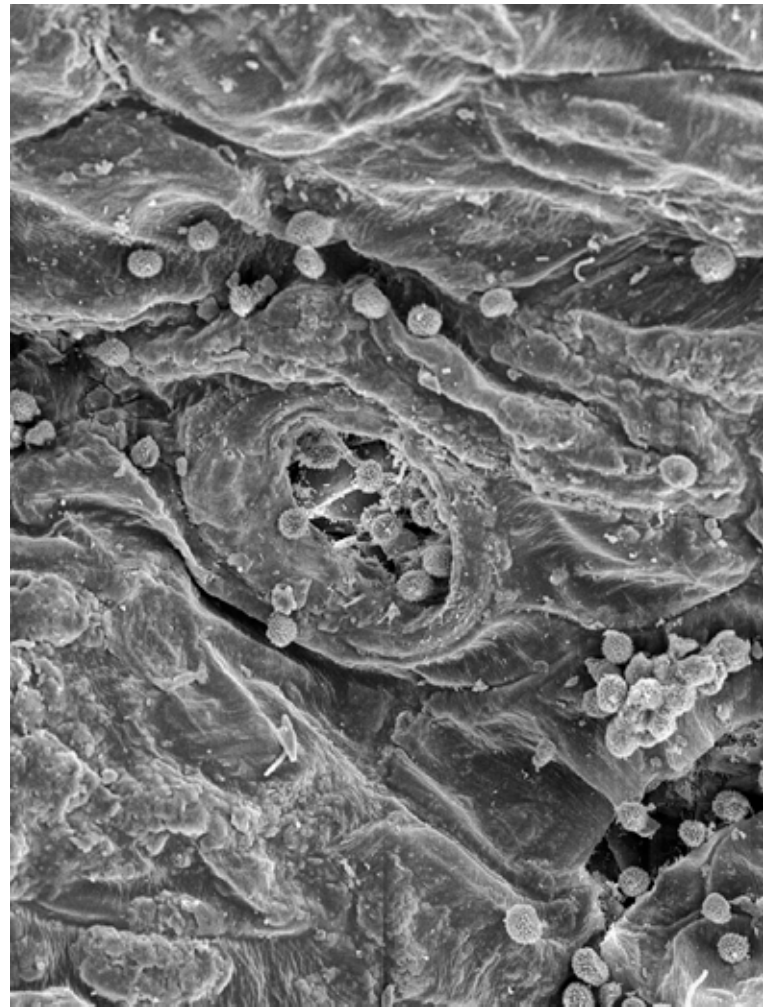
LAS COLABORACIONES

En el mundo existen diferentes grupos de investigación organizados en “colaboraciones”, cuyo objetivo es realizar grandes proyectos experimentales que involucran a diversas áreas de la ciencia. A continuación, describiremos dos de ellas vinculadas a la distribución de materia en el universo y, en consecuencia, al entendimiento de la naturaleza de la materia y energía oscuras. Si bien las últimas dos décadas han sido de un gran éxito en el estudio de la radiación cósmica de fondo, las siguientes sin duda serán las décadas de los censos o catálogos de galaxias.

DESI

El proyecto DESI (siglas en inglés de “instrumento espectroscópico de energía oscura”) mide los corrimientos al rojo de las galaxias a través del análisis de sus espectros, lo cual permite mediciones muy precisas de dichos corrimientos y, por tanto, de las distancias a las cuales se encuentran. DESI utiliza el telescopio del observatorio Mayall de Kitt Peak, de Arizona, cuya lente principal mide cuatro metros de diámetro. Empezó mediciones científicas en mayo de 2021, después de un periodo de pruebas. Cabe mencionar que varios científicos mexicanos pertenecen a esta colaboración, entre ellos los autores del presente artículo y varios investigadores de la UNAM, la Universidad de Guanajuato y el CINVESTAV.

Las mediciones se realizan en tres dimensiones: dos dimensiones angulares y una paralela a la



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

línea de visión. DESI medirá alrededor de cuarenta millones de galaxias y cuásares en un área que corresponde a poco más de un tercio del cielo. Al medir múltiples corrimientos al rojo, proporcionará una imagen 3D de la estructura cósmica.

Con esas mediciones estudiaremos detalladamente el efecto que produce la energía oscura en la expansión del universo a diferentes tiempos, y algunas propiedades de la materia oscura. Los objetos más cercanos son galaxias muy brillantes, y los más lejanos son los cuásares, que nos muestran regiones del pasado, cuando el universo tenía alrededor del 20 % de su tamaño actual; es decir, esa luz viajó cerca de doce mil millones de años! Los datos de DESI son actualmente los más detallados de la estructura del universo a diferentes tiempos

cósmicos. Más informaciones del proyecto DESI se pueden encontrar en su página de Internet.

LSST

El LSST (siglas en inglés de “censo legado del espacio y el tiempo”) es un proyecto para generar un catálogo de objetos celestes desde el observatorio chileno Vera Rubin, llamado así en honor de la astrónoma citada. El observatorio está actualmente en construcción avanzada y se espera que empiece a operar en 2024. Contará con una lente principal de 8.4 metros y una cámara con más de tres mil millones de píxeles, la cámara digital más grande del mundo, la cual permitirá un grado de medición extremadamente fino.

Ubicado en el Cerro Pachón, en Chile, LSST medirá un conjunto de 500 petabytes de imágenes para estudiar la energía oscura y la materia oscura; hacer un inventario del Sistema Solar; explorar el cielo óptico transitorio y levantar una cartografía de la Vía Láctea. Lo que nos atañe ahora es el sondeo de los miles de millones de galaxias que serán medidas. En este proyecto también participan varios investigadores mexicanos, que son científicos de la UNAM, la Universidad de Guanajuato y, por el ININ, los autores del presente trabajo.

A diferencia de DESI, que es un experimento espectroscópico, LSST es fotométrico, por lo que no medirá corrimientos al rojo precisos. Esto, que parece una desventaja, le permitirá tomar fotografías de altísima precisión de muchos más objetos del universo. Una vez que concluya, el experimento habrá obtenido más imágenes celestes que todos los telescopios en la historia de la humanidad ¡juntos! La técnica se basa en medir la distribución de materia que hay entre la galaxia que emite y la Tierra, al determinar el efecto de lente gravitacional que sufre la luz al viajar desde la galaxia emisora hasta nosotros. La teoría de la relatividad general predice que la materia curva el espacio –en este caso el espacio que rodea la materia intermedia que hay entre el lugar de emisión y la Tierra–, lo que produce que la luz no siga caminos rectos en su viaje, sino que sufra sutiles desviaciones que dan lugar

al efecto que da una lente. A muy grandes escalas este efecto es débil (*weak lensing*), pero se podrá medir como una distorsión en los mapas de luz recibida por el observatorio Rubin. Más informaciones del proyecto LSST se pueden encontrar en su página de Internet.

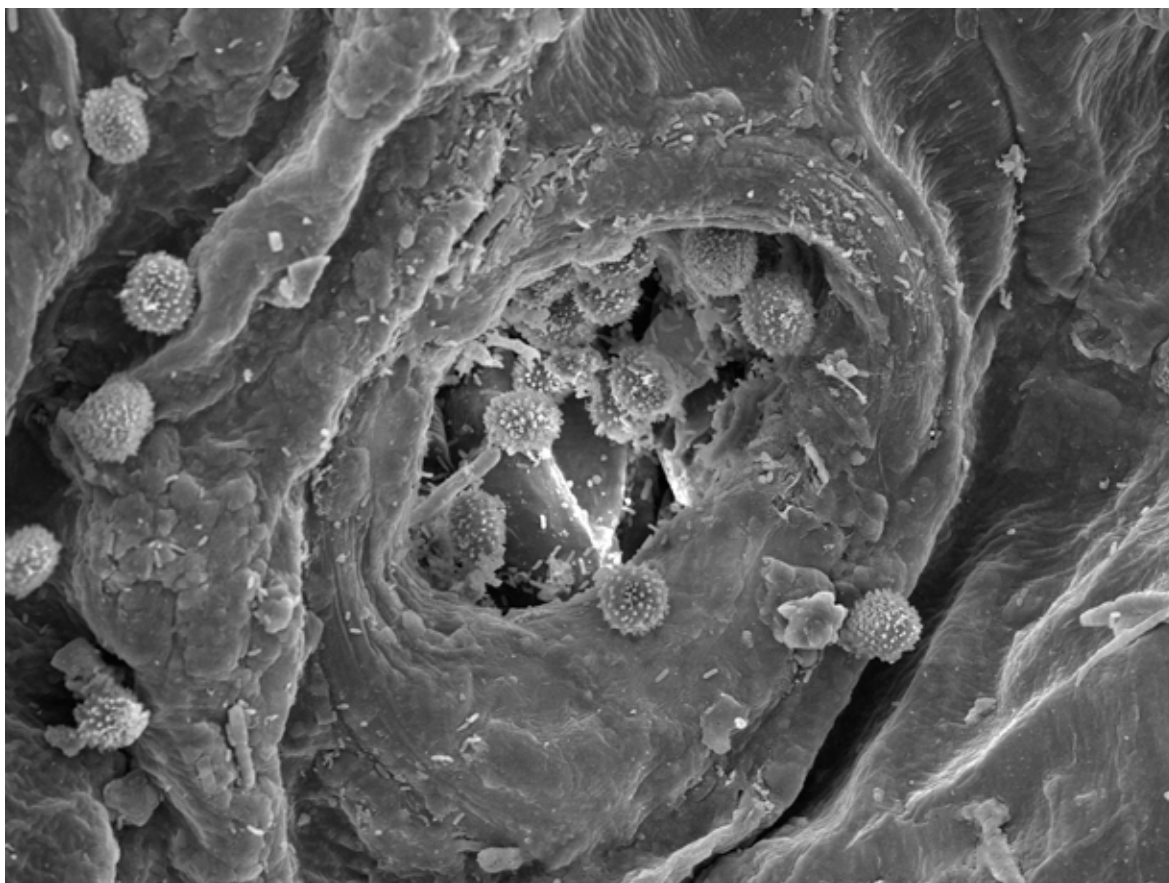
LOS RETOS

Ambas colaboraciones científicas (DESI y LSST) ayudarán a entender cómo ha sido la expansión acelerada del universo y, por ende, a conocer en detalle las propiedades de la energía oscura. También tendremos detalles de las estructuras de gran escala, lo que permitirá escudriñar la historia de la formación de estructura en el universo y las propiedades de la materia oscura.

Hay al menos dos retos importantes que atañen a los autores del presente trabajo. Uno es medir las propiedades del colapso gravitacional de las galaxias, y por tanto saber si la teoría de la relatividad general es correcta o si hay desviaciones en la manera en que las galaxias se atraen a escalas cósmicas. La evidencia hasta el momento señala que la relatividad general es correcta a escalas cósmicas pequeñas o medianas, pero deben estudiarse sus posibles desviaciones a escalas de millones de años luz.

El otro reto es estudiar el efecto de la masa de los neutrinos en el colapso gravitacional. Los neutrinos que existían al principio del universo siguen presentes hoy en día. Su influencia sobre las estructuras cósmicas altera la forma en que colapsa la materia, pero actúa en sentido contrario. Su presencia produce que la fuerza gravitacional no sea eficiente a ciertas escalas que corresponden justo al tamaño al que ya no se puede comprimir más el “gas” de neutrinos.

Este efecto depende de la masa de los neutrinos, que nos indica a su vez cuándo los neutrinos pasaron de ser relativistas a no relativistas, y por ello podemos ver sus efectos en la formación de estructura a muy grandes escalas.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huilacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Actualmente, las cotas cósmicas a la suma de sus masas son más finas que las mediciones que provienen de experimentos terrestres.

Se sabe que la suma de las masas es menor a una fracción de electronvoltio (que es una medida energética) dividida por la velocidad de la luz al cuadrado, pero sus verdaderos valores están por desvelarse.

Estos efectos podrán ser estudiados en detalle en los telescopios DESI y LSST, así como se dará respuesta a muchas otras preguntas que nos ayudarán a entender los dos grandes misterios del universo actual: ¿qué son y qué propiedades tienen la materia oscura y la energía oscura? El momento no puede ser más fascinante para descubrir dos elementos clave en la historia cósmica que representan alrededor de 95 % de la energía existente en el universo hoy en día.

B I B L I O G R A F Í A

Cervantes-Cota JL, Galindo-Urribari S and Smoot G (2019). The Legacy of Einstein's Eclipse, Gravitational Lensing. Universe 6:1-45. <https://arxiv.org/pdf/1912.07674.pdf>.

Vazquez-Gonzalez A y Matos T (2008). La materia oscura del universo: retos y perspectivas. Revista Mexicana de Física E 54(2):193-202. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v54n2/v54n2a12.pdf>.

Perlmutter S (2003). Supernovae, Dark Energy, and the Accelerating Universe. Physics Today 56(4):53-60. <https://doi.org/10.1063/1.1580050>.

DESI, Dark Energy Spectroscopic Instrument (<https://www.desi.lbl.gov>).

LSST, Legacy Survey of Space and Time (<https://www.lsst.org>).

Alejandro Avilés
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
Departamento de Física
Consejo Nacional de Humanidades
Ciencias y Tecnologías
Instituto de Ciencias Físicas, UNAM
aviles@icf.unam.mx

Jorge L. Cervantes-Cota
Departamento de Física
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
jorge.cervantes@inin.gob.mx

Incursiones filosóficas de un físico cuántico: el caso de Erwin Schrödinger

Ricardo **Guzmán**

Algunos científicos suelen desdeñar la empresa filosófica calificándola como carente de valor. Un ejemplo representativo lo encontramos en Richard Feynman, para quien los sistemas filosóficos no aportan verdadero conocimiento por ser indemostrables, y por lo tanto igualmente válidos, aun cuando partan de premisas opuestas (Feynman, 1999). También tenemos a Stephen Hawking, para quien “la filosofía ha muerto” (Hawking, 2010) porque los filósofos no han podido seguirle el paso a la ciencia, o a Lawrence Krauss, quien sostiene que “la filosofía y la teología son incapaces de abordar por sí mismas las cuestiones verdaderamente fundamentales que nos dejan perplejos sobre nuestra existencia” (citado en Gutting, 2010). Ese tipo de opiniones son sustentadas normalmente bajo la idea de que el experimento científico es el árbitro último y definitivo para el establecimiento de la verdad.

Y quizás sea así, pero es innegable que las convicciones filosóficas de los científicos, sean conscientes o no, juegan en general un papel heurístico y determinan en cierto grado lo que para cada uno de ellos es el objetivo y los métodos de su disciplina (De Regt, 1996). Esto resulta especialmente importante en los personajes involucrados en la génesis de la física cuántica, pues en ese proceso fueron surgiendo preguntas fundamentales en torno a los

paradigmas clásicos de continuidad, de causalidad, etcétera.¹ El camino que recorrieron los científicos de esta época dependió de qué tan fuertemente comprometidos estuvieran con las formas tradicionales de trabajo en su disciplina, de su visión del conocimiento, de su idea de lo que es una teoría científica y de su concepto de la realidad. Tal es el caso de científicos como Albert Einstein, Niels Bohr y, desde luego, de manera especial, como veremos más adelante, de Erwin Schrödinger.

Sabemos que lo que actualmente entendemos como ciencia es lo que para los griegos era una filosofía de la naturaleza, es decir, una disposición nueva para cuestionar la realidad de manera racional, pero que conservaba un espectro amplio de formas explicativas. Basta mencionar que las causas aristotélicas buscaban dar respuesta al sustento material y formal de lo existente, así como hurgar por las causas eficientes y finales. En cambio ahora, nos diría Richard Feynman, “a los físicos les gusta pensar que todo lo que hay que decir es, esas son las condiciones, ahora ¿qué pasa después?” (citado en Gleick, 1987); es decir, una reducción a la eficacia predictiva de la teoría. Hablamos de una ciencia surgida en la Revolución Científica que, en su afán de objetivación y eficiencia, deja de preocuparse por cuestiones más amplias y fundamentales. Es una elección que caracteriza a las formas de conocimiento de nuestra actual

cultura occidental que la condujeron hacia éxitos incuestionables, pero que probablemente renunció a una comprensión más primordial del cosmos.

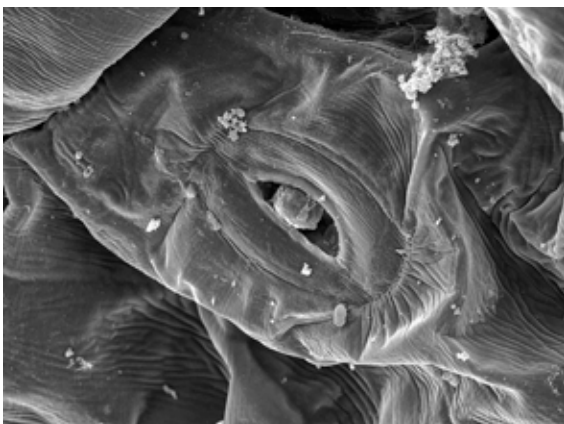
Ahora bien, es indudable que, sin menoscabo de esta inclinación de la ciencia moderna por la búsqueda de las causas eficientes, en la nueva revolución de la física de principios del siglo XX, al agrietarse los fundamentos de inteligibilidad que se habían construido en los siglos anteriores en función de una visión materialista y mecanicista del universo, sí surgió un renovado interés por la pregunta acerca de la realidad propiamente, no solo en su carácter ontológico, sino en un sentido más extenso que condujera a concebir el “universo físico (...) como el lugar mismo de la creación y de la organización” (Morin, 2006). Erwin Schrödinger, uno de los científicos centrales en ese proceso de transformación de la física, se preocupó por estas cuestiones desde diversas perspectivas. En este artículo ofreceremos una breve semblanza que ponga en primer plano la disposición de este científico hacia el pensamiento filosófico, destacando su defensa de la metafísica, así como sus ideas en torno a la consciencia.

UNA DEFENSA DE LA METAFÍSICA

La ciencia moderna nos ha regalado profundas explicaciones relativas al cosmos: ha penetrado la estructura de la materia, ha puesto al descubierto los orígenes del universo, se ha sumergido en los principios fundamentales de los fenómenos vitales, etcétera. Con todo, el asombro que puede significar encontrar la diversidad en el cosmos, queda sobrepasado por el más hondo “asombro filosófico” sobre la existencia misma, según lo expresa el propio Erwin Schrödinger, “como primer y más profundo motivo de perplejidad”. Al respecto nos explica Schrödinger que:

el asombro o la maravilla aparecen siempre que el resultado *differe de lo común* o de lo *esperado* por algún motivo. Sin embargo, la totalidad del mundo se nos ha dado solo una vez. No disponemos de ningún objeto de comparación y no es previsible cómo acercarse a él con una *esperanza* cierta. No obstante, a pesar de ello,

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



nos maravillamos, nos hallamos frente a enigmas sin poder decir cuál tendría que ser el resultado para no asombrarnos, cómo tendría que estar creado el mundo para no plantearnos enigmas (Schrödinger, 1988).

De esta manera, en uno de los primeros breves capítulos de su libro titulado *Mi concepción del mundo*, Schrödinger nos muestra su actitud filosófica, no como un agregado o adorno de una actividad científica, sino como una reflexión esencial por preguntas fundamentales, y nos tratará de convencer de la necesidad de una metafísica, oponiéndose quizás a la opinión de muchos otros científicos de su época y posteriores. Veremos e interpretaremos brevemente, más adelante, su propuesta en el contexto de la actitud más generalizada de los científicos para poder entender la originalidad de su pensamiento.

Quizás la razón por la que existe desacuerdo entre los científicos por la función de la filosofía estriba en considerar que los problemas filosóficos son en realidad pseudoproblemas sin solución alguna, planteados en términos de preguntas que por su propia naturaleza son cíclicas, pues se retorna eternamente a ellas; es decir, que el quehacer filosófico no sale del plano de la conjetura. Existe la opinión de que las ciencias no son más que esferas del conocimiento que se desprenden de las preguntas filosóficas al tornarse solucionables cuando se han hallado caminos o métodos específicos para abordarlas. John L. Austin, por ejemplo, lo expresa así:

En la historia de las indagaciones humanas la filosofía ocupa el lugar de un sol central originario, seminal y tumultuoso. De tanto en tanto, ese sol arroja algún trozo de sí mismo que adquiere el *status* de una ciencia, de un planeta frío y bien regulado, que progresa sin pausas hacia un distante estado final. Esto ocurrió hace ya mucho tiempo cuando nació la matemática, y volvió a ocurrir cuando nació la física (Austin, 1971).

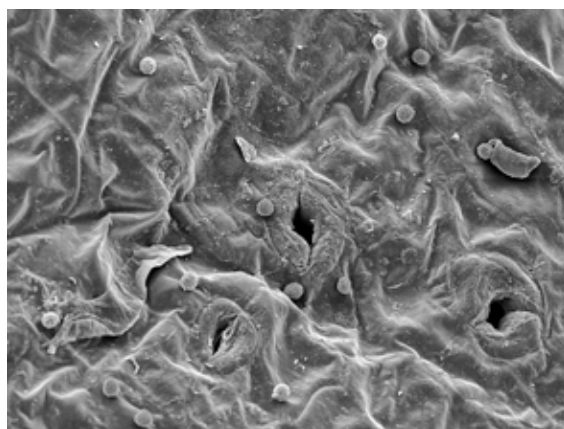
Viéndolo de esta manera, resultan exageradas las posiciones de físicos como Feynman o Hawking hacia la filosofía que expresamos en la introducción de este

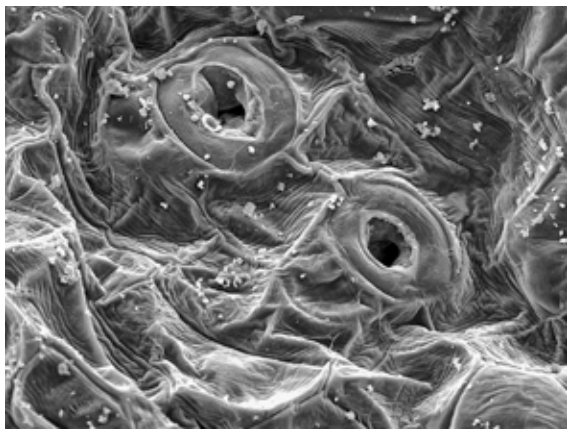
ensayo. En principio, podemos decir que la crítica que hacen ellos es válida, y el mismo Schrödinger la planteaba al advertir la diversidad de escuelas de pensamiento que suelen ser mutuamente incompatibles:

Cuanto más a fondo se intenta penetrar en el carácter de aquellas relaciones generales que componen la sustancia de la filosofía de siempre, tanto menos estimulado se siente uno [...] se reconoce con tanta más claridad lo poco claro, lo desajustado, lo torcido y lo unilateral de cada afirmación [...] Esta exposición casi nos obliga a declarar a uno u otro de los pensadores, o a ambos a la vez, como dementes o, en todo caso, carentes de todo juicio. A menudo uno llega a maravillarse de cómo la posteridad o uno mismo llegó a prestar [...] atención al irreflexivo parloteo de tales mentecatos (Schrödinger, 1988).

El párrafo anterior tomado de los escritos de Schrödinger parece muy cercano a los de los otros físicos mencionados; sin embargo, no se queda ahí y pasa a exponer la importancia de dichas reflexiones filosóficas, entendiendo las aparentes contradicciones en función de la diversidad de “los aspectos del objeto que alcanzaron la diferenciación en la consciencia que los reflejó”, sugiriendo como meta la de “componer una imagen común a partir de estos diversos aspectos” (Schrödinger, 1988). Schrödinger

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).





© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

no duda en advertir sobre los peligros de abandonar la metafísica, o de apartarla del contenido empírico del conocimiento humano. Quizás en esta imagen de las ciencias emergiendo del sol filosófico, la metafísica no forma parte propiamente del “edificio del conocimiento, pero, sin embargo, es el andamio de madera al que no se puede renunciar para continuar edificando” (Schrödinger, 1988).

Por otro lado, siguiendo al filósofo Ortega y Gasset, al que cita en su definición de científico especializado, Schrödinger criticaba la especialidad científica:

Es un hombre que, de todo lo que hay que saber para ser un personaje discreto, conoce solo una ciencia determinada, y aun de esa ciencia solo conoce bien la pequeña porción en que él es activo investigador. Llega a proclamar como una virtud el no enterarse de cuanto queda fuera del angosto paisaje que especialmente cultiva, y llama *dilettantismo* a la curiosidad por el conjunto del saber (Schrödinger, 1985).

Schrödinger señala que dicha especialización no es una virtud, sino en todo caso un mal inevitable y aboga por la idea de que “toda investigación especializada únicamente posee un valor auténtico en el contexto de la totalidad del saber” (Schrödinger, 1985). Y particularmente en relación con aquellas ideas sobre las falsas doctrinas filosóficas, advierte

la posibilidad de que, en este camino de la especialización, sean “sustituidas por dogmas mucho más estrechos e ingenuos” (Schrödinger, 1988).

Y es que en realidad no es difícil señalar conceptos que podrían parecer ser privativos de las ciencias físicas, pero que entran también dentro de los intereses de la metafísica. El filósofo Juan Arana, por ejemplo, nos plantea la pregunta sobre si el tema de la causalidad sería competencia de la metafísica. Arana zanja la cuestión citando a Francisco Suárez, para quien “la razón de causa es más universal y abstracta, pues en sí misma prescinde de la materia, tanto sensible como inteligible, y por ello su consideración propia pertenece al metafísico” (Arana, 2012). Suele decirse que la modernidad y el posicionamiento del mecanicismo terminaron por darle primacía a la causa eficiente, dejando a un lado el carácter metafísico de la causalidad. El tema, de hecho, es de sobra sabido que retoma un carácter filosófico con el surgimiento de la física moderna y al cual abonó mucho el propio Schrödinger en la controversia sobre el determinismo. Pero, así como ese tema, hay muchos otros que despertaron la curiosidad de este científico.

EL PROBLEMA DE LA CONSCIENCIA

El tema metafísico por el que se interesa principalmente Schrödinger es el de la consciencia. Curioso que el tema, relegado completamente por la física clásica, fuera luego a ser rescatado en la física moderna, de manera posterior a las cavilaciones de Schrödinger, en función de la problemática sujeto-objeto. Analicemos la forma en que Schrödinger plantea el problema y lo lleva hasta sus últimas consecuencias, esto es, hasta intentar plantear una ética con fundamentos científicos.

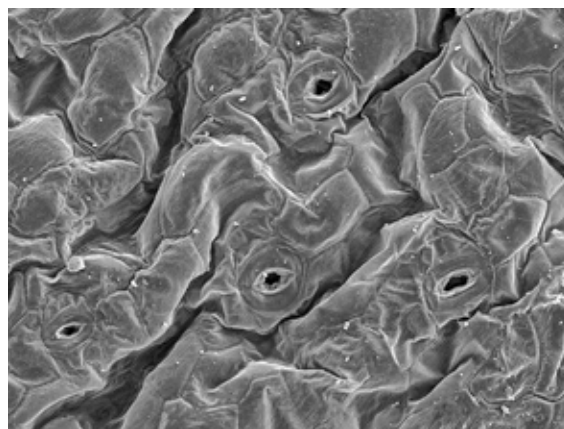
El joven Schrödinger se vio atrapado ante la crisis espiritual de las últimas décadas del siglo XIX y que tuvo especial impacto en la clase intelectual de la Viena decimonónica, en una búsqueda de sentido, alentada probablemente por sus discusiones con su amigo cercano Franz Frimmel, y que lo sumergió en el eterno problema de la dualidad mente-materia. Problema que, algunos filósofos de nuestro tiempo

que defienden un naturalismo biológico, como sería por ejemplo el caso de John Searle, calificarían de mal planteado; la consciencia es reducible causalmente a los procesos cerebrales, pero no es reducible ontológicamente. Pero para Schrödinger, que en su tránsito hacia su madurez fue fiel a sus primeras ideas, consideró dicho dualismo y, ciertamente, la necesidad de abandonarlo, pero a diferencia de un naturalismo que parecería más coherente con una mente científica, opta por renunciar a la realidad material: “Si se decide tener un solo ámbito, entonces este tiene que ser el psíquico, dado que lo psíquico está de todos modos” (Schrödinger, 1988).

La mayoría de los estudiosos del fenómeno de la memoria no reconocen significativamente el trabajo realizado por Richard Semon, y que ahora está relativamente olvidado. Sin embargo, fue de gran influencia en las ideas de Schrödinger en lo que se refiere a la existencia de un principio mnemónico, como una especie de memoria biológica activa a nivel celular.² Dicho principio lo utiliza Schrödinger para entender algunos mecanismos de la consciencia. La *mneme* representa el entrenamiento mediante la repetición. La reacción de un organismo ante los estímulos se hace más fiable mientras más aprendidos están y van saliendo de la consciencia. Solo los *diferenciables* a las situaciones previas penetran en la consciencia. La rutina, lo aprendido, va cayendo poco a poco en el inconsciente. Así llega Schrödinger a una especie de definición poniendo a la consciencia en relación con el acontecer orgánico:

Podemos declarar de forma gráfica que la consciencia es el instructor que vigila el adiestramiento de la sustancia viva, un instructor al que se reclama cada vez que se presentan problemas nuevos y que deja que los alumnos realicen por sí solos aquellas tareas para las que los sabe suficientemente entrenados (Schrödinger, 1988).

La consciencia aparece entonces como “tutora del proceso evolutivo, como inventora de estrategias que todavía no han podido ser canonizadas” (Arana, 2022). Si en el caso del ser humano la consciencia está asociada a los fenómenos del cerebro (aunque



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huillacoche (*Mycosarcoma maydis*).

no es privilegio de los mismos), es porque ese es el órgano con que nos adaptamos a las condiciones cambiantes del entorno. Entendida la consciencia como el terreno donde el mundo se revela a sí mismo, esto ocurre “ahí *donde*, y únicamente mientras, *se desarrolla*, donde genera nuevas formas. Las áreas pasivas escapan al brillo de la consciencia, se petrifican; solo aparecen por su interacción con las áreas de la evolución” (Schrödinger, 1988).

Ahora bien, si la consciencia tiene esta tarea de conducción del cosmos, esta tiene que ser unitaria. Schrödinger encuentra un camino de comprensión en la filosofía de Schopenhauer, pero más concretamente adopta elementos de filosofía oriental. Adoptó ciertas creencias de las doctrinas Vedanta, particularmente la unidad de la consciencia: la manifestación de múltiples consciencias es solo apariencia, pues como realidad última hay una sola mente la cual se manifiesta de diversas formas y construye el mundo. Schrödinger nos advierte que, aunque resulte incomprensible al intelecto común:

[...] tú –e igualmente cada ser consciente tomado por separado– eres un todo. Por ello tu vida, la que tú vives, no es un fragmento del acontecer mundial, sino en cierto sentido, la totalidad. Sin embargo, esta totalidad está compuesta de tal forma que no se puede abarcar con una mirada (Schrödinger, 1988).

Miradas que corresponderán a muchos *sujetos*. Sorprendente que, como nos lo señala Arana, “las escisiones de la mente acabaron apareciendo en el terreno que le competía profesionalmente –a Schrödinger–, en el ámbito de sus mejores hazañas: la mecánica cuántica” (Arana, 2002), donde aparecen los conocidos asuntos de la función del observador en el colapso de la función de onda y el tema de la indeterminación cuántica.

Nos aproximamos así a cuestiones más trascendentes como el problema del libre albedrío, y por ende, a asuntos de carácter ético al debatir acerca de la responsabilidad moral sobre nuestros propios actos. Sabemos que ha sido muy tentador para algunos encontrar en la indeterminación cuántica su resguardo. Schrödinger desmiente esta noción apoyándose en filósofos, como por ejemplo Ernst Cassirer, para quien la faceta aleatoria de los hechos físicos que aparece en la mecánica cuántica, sería “la última en invocarse como correlato físico a la conducta ética del hombre” (Schrödinger, 1985). Esa no es entonces la solución del dilema. La indeterminación cuántica podrá probablemente jugar un papel relevante en el esclarecimiento de los fenómenos de la vida, pero no podemos “convertirla [...] en la contrapartida física de los actos voluntarios de los seres vivos” (Schrödinger, 1985).

De ahí que Schrödinger prefiera desprender una comprensión de la ética desde una ventana diferente, la de su concepción de consciencia expuesta previamente. Schrödinger critica que la exigencia del deber ser, contrapuesto a la voluntad primitiva (la del yo quiero) se fundamente solamente en el incomprensible imperativo categórico de Kant y sugiere que el dilema puede resolverse en función de la “relación entre la consciencia y el acontecer orgánico [que se encuentra en un momento de] transformación biológica que conduce de la posición egoísta a la altruista” (Schrödinger, 1988).

Resumiendo, resulta clara la presencia de un idealismo en Schrödinger para quien la mente es primero. Es su elección entre dos concepciones igualmente demostrables: la declaración de la existencia de una

realidad externa y “la suposición de que en realidad todos somos únicamente aspectos diversos del *Uno*”. Como la existencia de una realidad externa es, para él, una hipótesis sin fundamento, elige la segunda porque considera se deduce con mayor facilidad un

[...] contenido ético incomparablemente mucho más elevado y simultáneamente con el hondo consuelo [...] que nos brinda [...] a la vista de nuestra efímera vida” (Schrödinger, 1988).

NOTAS

¹ Nos dice Holton que en la comunidad científica de nuestro tiempo prevalece una actitud más pragmática y no se tiene ese influjo iluminador de los debates epistemológicos del pasado, refiriéndose a los de las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del siglo XX (Holton, 1998).

² Habría que decir que también influenció a otros notables pensadores, como es el caso de Bertrand Russell. Véase, por ejemplo, Pincock (2007).

REFERENCIAS

- Arana J (2002). El panteísmo de Erwin Schrödinger. *Diálogos* 79:11-33.
- Arana J (2012). *Los sótanos del universo*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Austin J L (1971). *Cómo hacer cosas con palabras*. Barcelona: Paidós.
- De Regt HW (1996). Are physicists' philosophies irrelevant idiosyncrasies? *Philosophica* 58:125-151.
- Feynman R (1999). *The pleasure of finding things out*. New York: Basic Books.
- Gleick J (1987). *Chaos. Making a New Science*. New York: Penguin Books.
- Gutting G (2012). Can physics and philosophy get along? *The New York Times*. Recuperado de: <http://opinionator.blogs.nytimes.com/2012/05/10/can-physics-and-philosophy-get-along/>.
- Hawking S and Mlodinow L (2010). *El gran diseño*. Barcelona: Crítica.
- Holton G (1998). *The advancement of science, and its burdens*. Cambridge: Harvard University Press.
- Morin E (2006). *El método 1: La naturaleza de la Naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- Pincock C (2007). Richard Semons and Russell's analysis of mind. Russell. *The Journal of Bertrand Russell Studies* 26:101-125.
- Schrödinger E (1985). *Ciencia y humanismo*. México: Tusquets Editores, Colección Metatemas.
- Schrödinger E (1988). *Mi concepción del mundo*. Barcelona: Tusquets Editores, Colección Metatemas.

Ricardo Guzmán
Tecnológico de Monterrey
rguzman@tec.mx

El universo nanométrico del carbono

Jessica **Campos Delgado**

Tal vez no lo sepas, pero el carbón que usas en un asado, el grafito del lápiz con el que escribes y el diamante que decora los anillos están hechos del mismo elemento químico: el carbono. ¿Por qué si están hechos del mismo elemento son tan diferentes en forma, color y precio? La diferencia en su forma y apariencia radica en la manera en que los átomos de carbón están acomodados en el espacio, es decir, su estructura. La diferencia en su costo radica en su abundancia o en la facilidad de obtenerlos.

Además de estas formas familiares del carbono, existen materiales de carbono nanoestructurados, es decir, que sus dimensiones están en el rango nanométrico (un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro). Imagina que un metro lo divides entre mil, eso es un milímetro (mm); ahora toma ese milímetro y lo divides entre mil, eso es un micrómetro (μm); ahora ese micrómetro y divídelo otra vez entre mil y tendrás un nanómetro (nm). Los objetos en escala micrométrica ya son difíciles de ver y manipular (piensa en el diámetro de un cabello o en la pata de una hormiga) así que, para observar objetos en escala nanométrica necesitamos instrumentos especiales, mucho más potentes que nuestros ojos e incluso que un microscopio óptico. El instrumento más usado para “ver” nanomateriales es el microscopio electrónico de barrido. En México muchas instituciones que realizan investigación en nanociencias y nanotecnología poseen estos instrumentos que son básicos para permitir a los investigadores “observar” y confirmar que sus materiales son efectivamente nanomateriales.

Nanotubos

Nanoesferas

Nanolistones

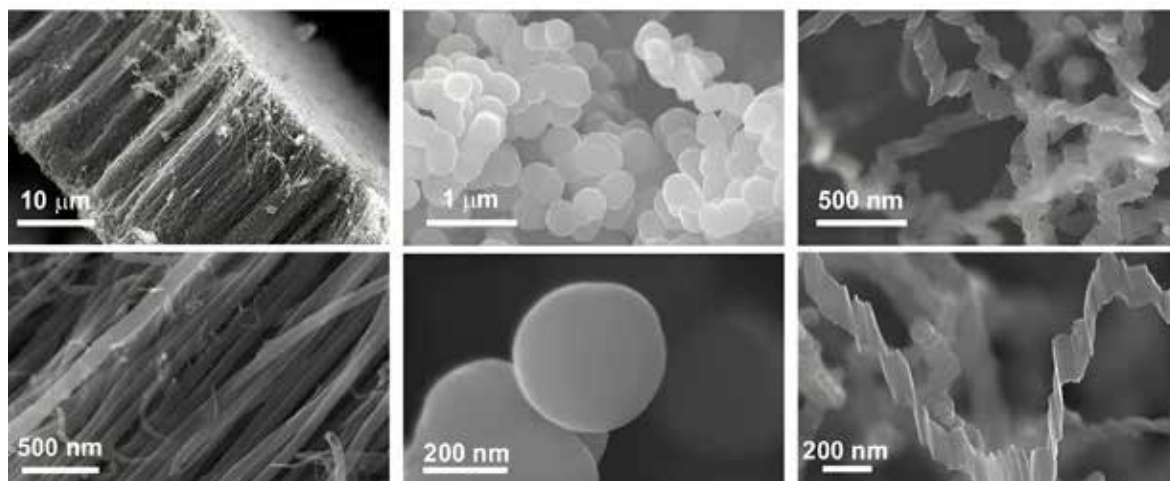


Figura 1. Imágenes tomadas con un microscopio electrónico de barrido de tres nanomateriales de carbono: nanotubos, nanoesferas y nanolistones. En la imagen hay una barra horizontal y tiene arriba una equivalencia de la dimensión que representa, esta es la barra de escala y con ella se da una idea del tamaño de los objetos que están en la imagen. En la imagen de la izquierda, arriba se observa un nanobosque, que es el nombre que se le da a un conjunto de nanotubos de carbono apilados de forma vertical, como las fibras de un tapete; en la imagen de abajo, a la izquierda se observa un acercamiento donde se puede apreciar el conjunto de nanotubos. Las nanoesferas (imagen del centro) tienen diámetros de cientos de nanómetros; los nanolistones (imagen de la derecha), a pesar de que su longitud, puede llegar a abarcar micrómetros, su anchura y espesor están en el rango nanométrico.

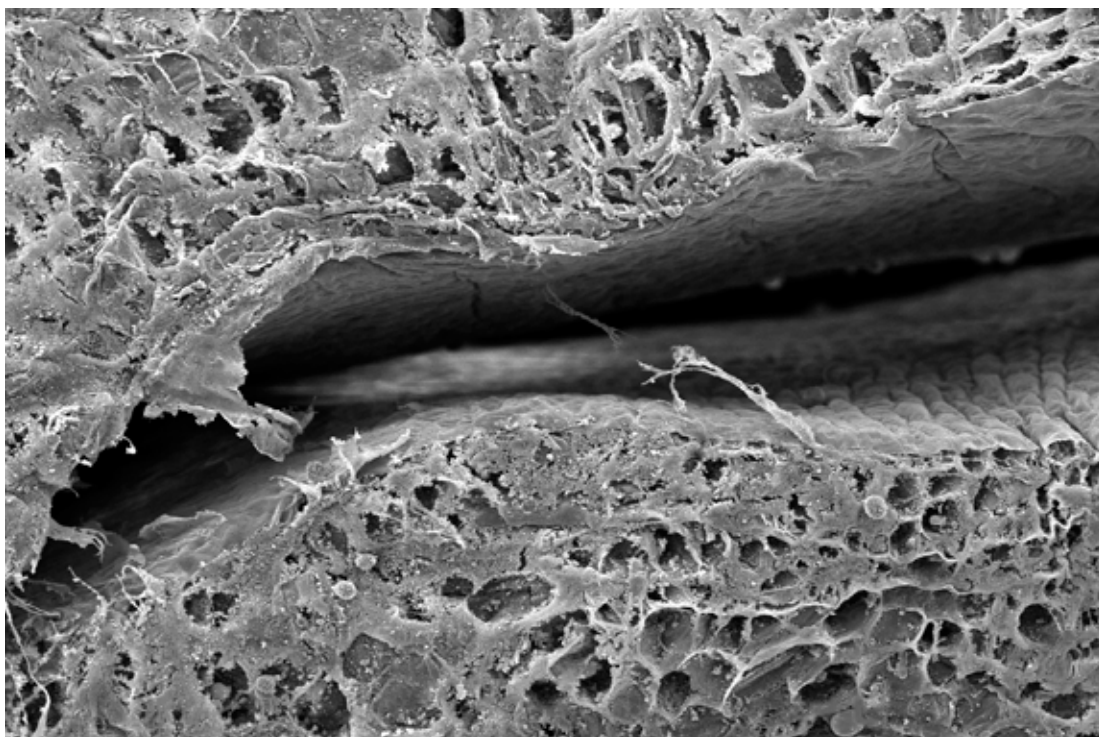
En las nanociencias, los nombres que se les dan a los materiales en escala nanométrica tienen similitud con objetos del mundo macroscópico; por ejemplo, existen nanotubos de carbono que realmente parecen tubos o popotes, sus paredes cilíndricas están hechas de carbono y son huecos (Figura 1). También existen nanolistones, nanoesferas, nano-hojas (llamadas grafeno), itodos de carbono!

Estos objetos son ejemplos de nanomateriales de carbono; existen muchos otros, como el grafeno, el óxido de grafeno, los quantum dots de carbono o el nanodiamante, y además combinaciones entre ellos llamados composites, que dan lugar a materiales complejos con propiedades superiores. Los nanomateriales de carbono también se pueden combinar con nanomateriales de otra naturaleza (plata, oro, óxidos metálicos) para formar composites heterogéneos.

Además de confirmar la forma y el tamaño de los nanomateriales con microscopios electrónicos, los científicos usamos otras técnicas e instrumentos para estar seguros de que nuestros materiales tienen la composición química y la estructura que nosotros creemos o, si no tenemos idea de qué están hechos,

para averiguarlo. Así, con otros análisis podemos confirmar que nuestros nanomateriales son puramente de carbono o si hay presentes otros elementos; además, podemos saber si los átomos están acomodados como en el grafito o en el diamante. Muchas de estas técnicas que nos auxilian se basan en radiación electromagnética (luz visible, láseres, rayos X, radiación UV, radiación infrarroja), al estudiar la interacción de nuestros materiales con ciertas longitudes de onda podemos extraer información muy valiosa.

Lo maravilloso de estos nanomateriales de carbono son las propiedades sorprendentes y distintas (comparados con el carbón amorfo, el grafito y el diamante) que se presentan al hacerlos tan pequeños. Los nanotubos de carbono son flexibles y a la vez extremadamente fuertes, por ello pueden usarse como material de refuerzo en polímeros o hacer uso de sus propiedades eléctricas en dispositivos electrónicos. El grafeno, que es una lámina de carbono de un átomo de espesor, es muy flexible, fuerte, transparente, buen conductor eléctrico y térmico, por lo que puede sustituir a materiales tradicionales como el ITO (óxido de indio y estaño) en pantallas táctiles. El carbono es un material muy abundante en la corteza terrestre, por ello resulta

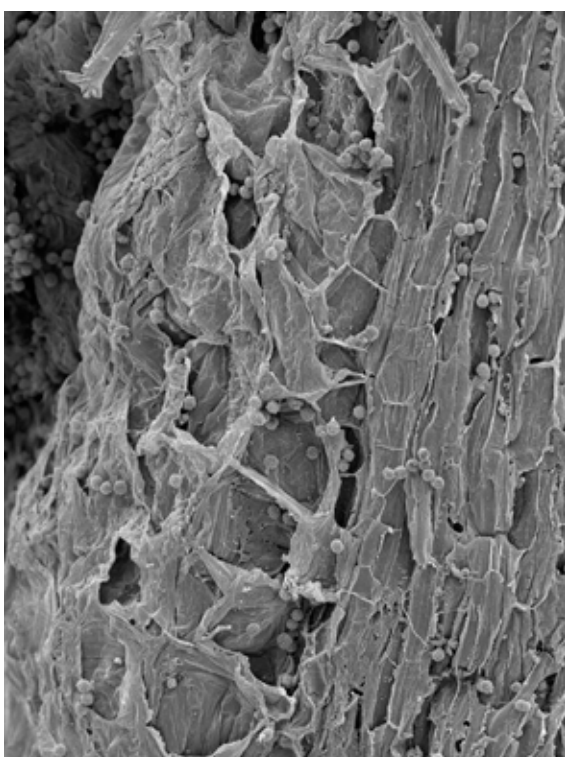


© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

muy conveniente; particularmente, los nanomateriales de carbono tienen aplicaciones biomédicas, electrónicas, en remediación ambiental, para

modificar materiales tradicionales, entre otras. Hoy por hoy, existen muchas aplicaciones comerciales de nanoestructuras de carbono, ¡ya no es ciencia ficción!, sin embargo, hay todavía mucho que explorar y explotar de este nano mundo.

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



B I B L I O G R A F Í A

Reyes Gasga J (2020). Breve reseña histórica de la microscopía electrónica en México y el mundo. *Mundo Nano* 13(25):79-100.

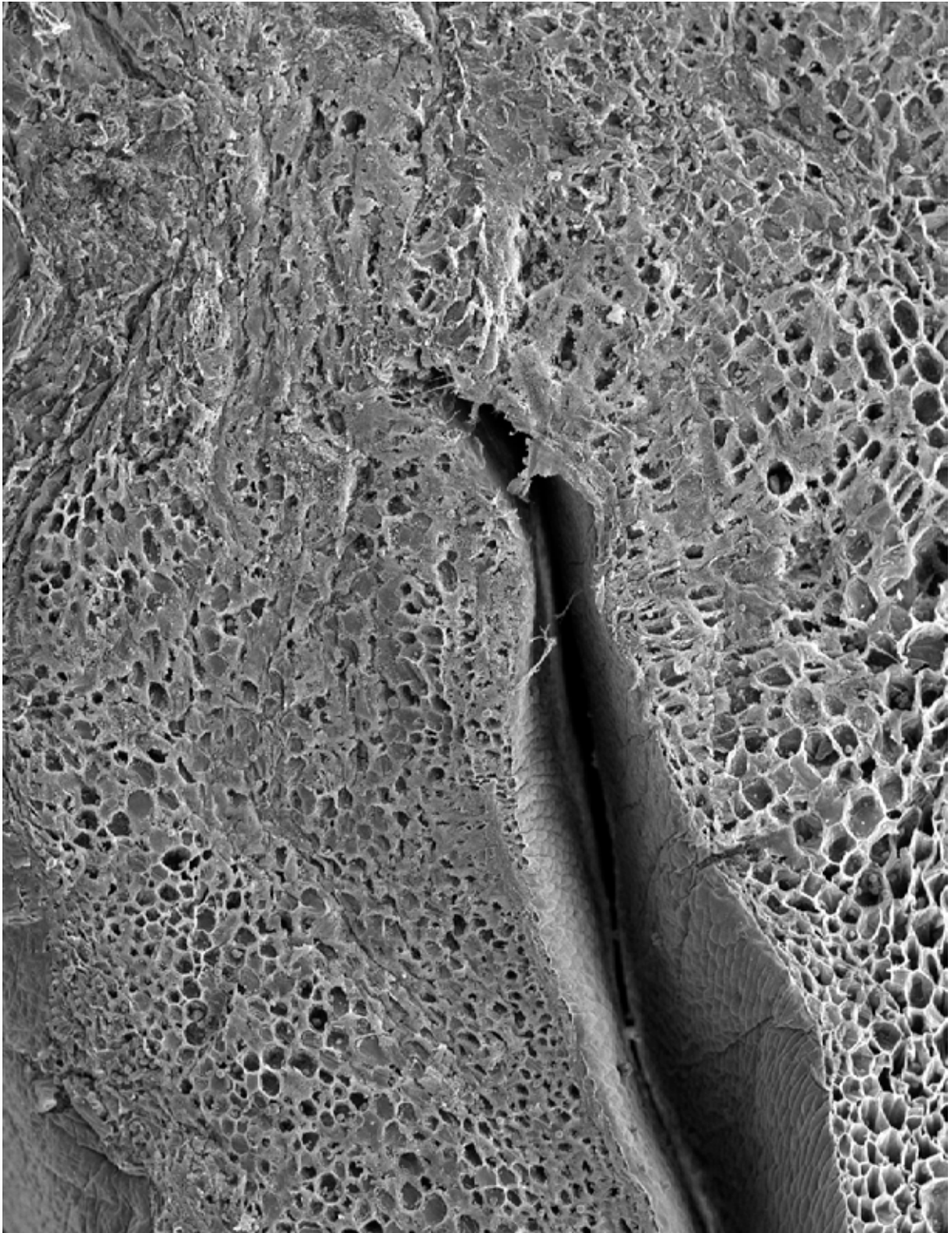
Ruiz HAR, Gutiérrez CA, Luna D, Vega JF, Patiño GG, Arceta LA y Campos-Delgado J (2021). Síntesis de nanoestructuras de carbono mediante la Técnica de Deposición Química de Vapores: Una revisión general. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 24:1-10.

Hernández J, Hernández T y Guzmán D (2022). Nanoestructuras en el diagnóstico no invasivo de la detección de compuestos orgánicos volátiles. *Elementos* 126:71-74.

Nava Galindo OI, León Bonilla HA y Herrera May AL (2018). Dispositivos de grafeno para detección de cáncer. *Elementos* 110:37-40.

Jessica Campos Delgado
Instituto de Física Luis Rivera Terrazas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
jcampos@ifuap.buap.mx

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



Campos eléctricos: de la cotidianidad al laboratorio

Montserrat Alonso Vargas
Julio César Ríos Guzmán
Arturo Cadena Ramírez

Diariamente nos encontramos rodeados de aparatos y máquinas, pero pocas son las personas que se detienen un momento a preguntarse sobre su funcionamiento. Por ejemplo, sabemos que el refrigerador funciona con electricidad, pero ¿acaso entendemos cómo logra enfriar la comida? Como este, hay muchos ejemplos de fenómenos físicos sobre los que raramente nos preguntamos algo acerca de su naturaleza. A continuación, vamos a profundizar en uno de esos fenómenos fascinantes que existen a nuestro alrededor: los campos eléctricos.

Probablemente el término campo eléctrico apantalle un poco al escucharlo pero, por increíble que parezca, la realidad es que los campos eléctricos están presentes por doquier y tienen muchas aplicaciones, una de las más comunes es en la red eléctrica de las casas.

Estos campos son en realidad un fenómeno natural consecuencia de la electricidad, que ha llamado la atención de la humanidad desde hace miles de años (Moller, 1991), atención que tuvo su punto más conocido cuando Benjamin Franklin, en el siglo XVIII, realizó su famoso experimento: en medio de una tormenta hizo volar una cometa con punta metálica unida a un hilo de seda con una llave de metal atada al final sostenida por un segundo hilo de seda; una vez que la tormenta se intensificó y el primer

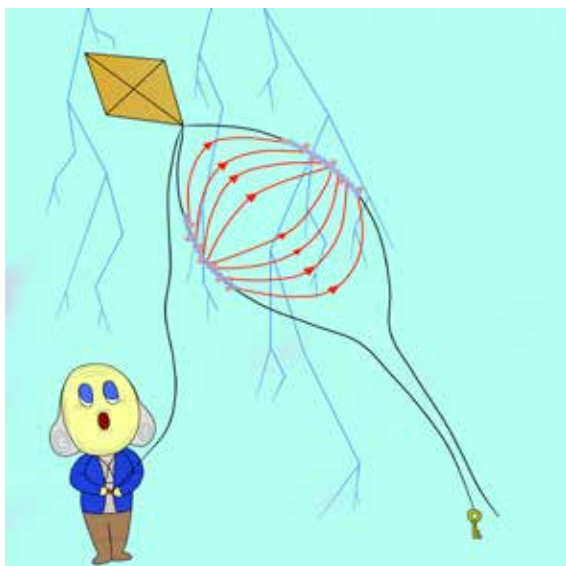


Figura 1. Experimento de Benjamin Franklin en el que se representan las líneas de campo que se forman al separarse los hilos. Imagen de elaboración propia.

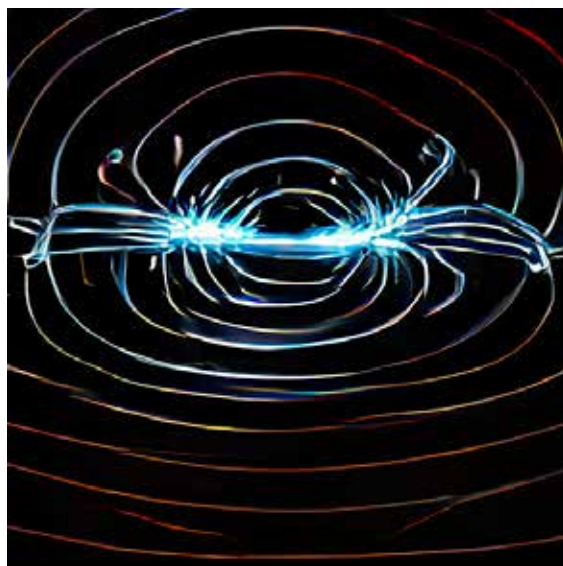


Figura 2. Representación gráfica de un campo eléctrico. Imagen generada por IA, crayon.com.

hilo comenzó a cargarse eléctricamente, Franklin observó cómo ambos hilos se repelían uno al otro (Martínez, 2010). En este experimento se formaron campos eléctricos.

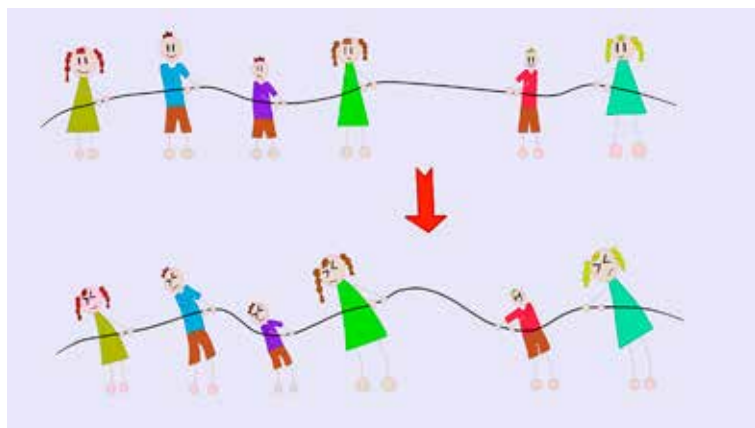
Desde entonces, el estudio de la electricidad ha pasado por muchos nombres famosos, como Tesla y Edison. Con el paso del tiempo se ha trabajado en el desarrollo de nuevas y cada vez más sofisticadas tecnologías que han facilitado el aprovechamiento de los campos eléctricos y, gracias a ello, cotidianamente convivimos con *gadgets* y aparatos eléctricos que funcionan en diferentes intervalos de frecuencias e intensidades; además, dentro de los laboratorios de investigación surgen nuevos intereses y la curiosidad de explorar desde sus efectos sobre la salud humana hasta sus beneficios sobre microorganismos.

Para entenderlo mejor es necesario saber primero qué es un campo eléctrico. El diccionario de la Real Academia Española lo define como “una región del espacio en cuyos puntos está definida la intensidad de una fuerza eléctrica” (RAE, 2022). Esto significa que cuando se aplica una corriente eléctrica, el espacio alrededor va a sufrir una serie de fuerzas de atracción y repulsión debidas a la propia

naturaleza de las cargas eléctricas (negativas), así como a lo que se localice inmerso en él, lo que puede ocasionar un movimiento de migración de las cargas que resulta en el reordenamiento de estas.

Pensemos en un típico juego infantil en el que hacemos jalar la cuerda a un grupo de niños distribuidos de manera aleatoria, con la particularidad de que en un lado habrá un grupo más numeroso; lógicamente, en algún punto uno de los grupos se va a inclinar hacia el lado que genera más fuerza y van a tender a moverse de un punto A al punto B;

Figura 3. Así como la cuerda se deforma cuando los niños ejercen fuerza desde ambos lados, las partículas inmersas en un campo eléctrico sufren un reordenamiento de sus cargas. Imagen de elaboración propia.



conforme avance el juego se irá deformando más y más la postura de los niños, lo cual puede favorecer –o no– el jalar la cuerda. De la misma forma que los niños se reordenan según la fuerza, las partículas o moléculas que se someten a un campo eléctrico experimentan el mismo reordenamiento.

El ejemplo anterior es una forma simple de lo que podemos intuir que sucede cuando se somete un material a un campo eléctrico, aunque este, en realidad, es un poco más complejo de entender. Actualmente, la aplicación de campos eléctricos en sistemas biológicos u orgánicos resulta sumamente atractiva; sin embargo, la realidad es que poco se conoce sobre la caracterización de los sistemas de aplicación, cuestión que se retomará más adelante. Dejando de lado estos retos, a continuación se presentan avances interesantes que nos permiten abordar nuevas perspectivas en este campo.

APLICACIONES, SÍ, ¿PERO SE ASEGURA SU REPRODUCIBILIDAD?

La imposición de campos eléctricos se ha propuesto en diversos ámbitos de la ciencia, entre los que destacan la investigación sobre métodos para aumentar la producción de algunos cultivos, como hortalizas y hongos (Takaki *et al.*, 2009); para mantener la inocuidad de alimentos sin comprometer su calidad, utilizando pulsos eléctricos de alta intensidad (Fellows, 2018); la electroterapia como tratamiento en lesiones musculares y rehabilitación (Crépon *et al.*, 2008); la obtención de productos de valor agregado para la industria química e, incluso, la generación de energía por medio de celdas de combustible microbianas (Gong *et al.*, 2020).

Un área reciente de investigación son los sistemas biológicos, específicamente las bacterias y las enzimas, modelos que continuamente son explotados por la biotecnología. Como se mencionó antes, imponer campos eléctricos a microorganismos puede presentar efectos tanto benéficos como perjudiciales, además de los llamados no definidos, según se aplique. Esto es debido a la naturaleza fisicoquímica de los microorganismos que, al ser sometidos a las fuerzas de atracción y repulsión,

verán afectadas sus moléculas y estructuras que poseen cargas superficiales, como la membrana o algunas proteínas. Las implicaciones que esto conlleva son muy concretas: mejora un proceso, lo inhibe o causa modificaciones estructurales que no necesariamente entran dentro de la categoría de buenas o malas; sin embargo, los mecanismos por los que se llega a uno u otro resultado aún no son del todo claros.

Poniéndolo en términos más simples, podemos tomar como ejemplo las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se sabe que al someter estas aguas a un campo eléctrico el resultado será benéfico, pues las muchas especies microbianas que conforman los famosos “lodos activados” muestran una mejora en la degradación de materia orgánica, lo que significa que el agua resultante posee una carga contaminante menor, además de que el resto de las reacciones bioquímicas que ocurren durante el proceso también se ven modificadas, por ejemplo, la liberación de nitrógeno gaseoso a la atmósfera (Gong *et al.*, 2020).

Desde finales de los años 60 existe una gran cantidad de publicaciones sobre la imposición de campos eléctricos en sistemas bacterianos que nos ha dado más información sobre aspectos que resultan fascinantes y actualmente nos permite considerar a los campos eléctricos como una variable importante por controlar en muchos de nuestros procesos industriales y de laboratorio, de la misma forma que los son la temperatura o los nutrientes. Incluso se ha encontrado que las bacterias son capaces de aprovechar los campos eléctricos dentro de sus ciclos de reproducción (Chong *et al.*, 2021).

Los resultados obtenidos no se deben exclusivamente a la composición del material al que se aplican, sino también a otras particularidades propias del campo eléctrico, a la geometría del recipiente o reactor donde se experimenta, e incluso al tiempo de exposición al campo. Son pocos los trabajos de investigación que describen a fondo todas las condiciones que se debieran controlar, por lo que existe la necesidad de contar con procesos

y metodologías caracterizadas y estandarizadas que permitan la reproducibilidad de los resultados, cuestión que hasta la fecha ha hecho sufrir a los investigadores que deciden trabajar con campos eléctricos. Y es que al hacer una revisión bibliográfica nos damos cuenta de que hay una inmensa cantidad de formas en que se aplican los campos, y que son muy variables aspectos como el material y la forma de los electrodos, la intensidad del voltaje aplicado y hasta cómo se acomoda cada pieza del sistema.

ENFOQUE CONSCIENTE

A pesar de las múltiples aplicaciones y estudios que se realizan actualmente, hay algunos aspectos que representan un verdadero reto; los más representativos son la viabilidad, es decir la relación costo-beneficio que conlleva la aplicación de campos eléctricos a un proceso específico, además de aspectos como adquisición, instalación y mantenimiento de equipo especializado. El segundo reto es determinar si lo observado es resultado de un proceso meramente electroquímico debido a la interacción del campo eléctrico y el producto de interés, o si por el contrario deriva de un proceso biológico catalizado por la interacción entre el campo eléctrico y el microorganismo en cuestión. Este segundo punto es probablemente el de mayor interés científico.

El estudio de las implicaciones de los campos eléctricos sobre el metabolismo microbiano está todavía lleno de retos y complicaciones, y a pesar de que aún queda un largo camino por recorrer, el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos enfoques nos permitirá entender más a fondo estos fenómenos.

REFERENCIAS

- Chong P, Erable B and Bergel A (2021). How bacteria use electric fields to reach surfaces. *Biofilm* 3:1-11.
- Crépon F, Doubrère JF, Vanderthommen M, Castel-Kremer E and Cadet G (2008). Electroterapia. Electroestimulación. *EMC-kinesioterapia-Medicina Física* 1:1-20.

Fellows P (2018). *Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Prácticas*. Editorial Acribia S. A. Zaragoza. Recuperado de: <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/83870>.

Gong Z, Yu H, Zhang J, Li F and Song, H. (2020). Microbial electro-fermentation for synthesis of chemicals and biofuels driven by bi-directional extracellular electron transfer. *Synthetic and Systems Biotechnology* 4:304-313.

Martínez N (2010). Historias de la Ciencia. Benjamin Franklin y la Electricidad. Recuperado de: <https://www.rtve.es/noticias/20100517/benjamin-franklin-electricidad/331621.shtml>.

Moller P (1991). *Electric Fish*. *BioScience*, 11:794-796.

Real Academia Española. *Campo Eléctrico*. En Diccionario de la lengua española (23.ª ed., versión 23.5). Recuperado de: <https://dle.rae.es/campo?m=form#EabmmAJ>.

Takaki K, Yamazaki N, Mukaigawa S, Fujiwara T, Kofujita H, Takahashi K, Narimatsu N and Nagane K (2009). Improvement of Edible Mushroom Yield by Electric Stimulation. *Journal of Plasma and Fusion Research* 8:556-559.

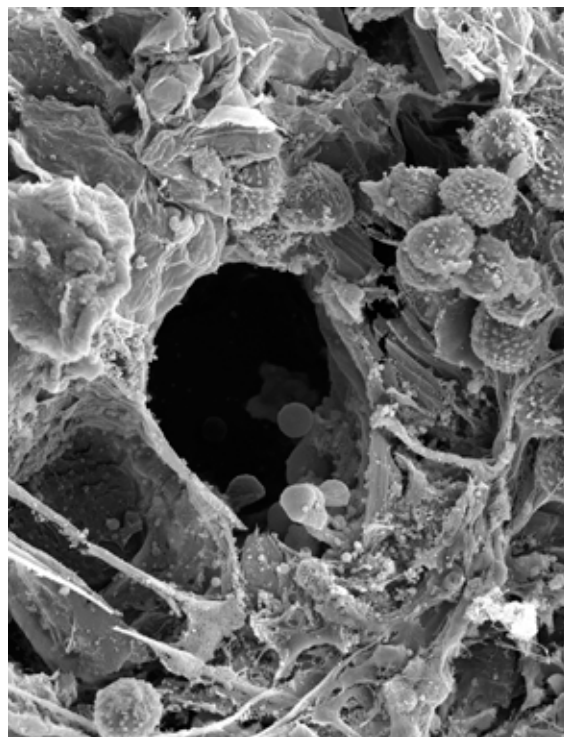
Montserrat Alonso Vargas
monseratalonso@outlook.com,
monsealonso@micorreo.upp.edu.mx

Julio César Ríos Guzmán
cesarguzman742@micorreo.upp.edu.mx

Arturo Cadena Ramírez
arturocadena@upp.edu.mx

Universidad Politécnica de Pachuca

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



Antes de Amazon: industria editorial y mutaciones culturales

Raúl Marcó del Pont Lalli

El mundo de la producción editorial fue considerado, hasta hace unas tres décadas, un ámbito insensible a los cambios del entorno, un perímetro inmutable, aferrado a prácticas arcanas y seguridades inalterables. Y sus transformaciones relevantes, de largo aliento, han tenido lugar, se creía, casi exclusivamente en dos momentos notables: en el distante pasado gutenberiano y en el inefable presente dominado por Amazon. Entre ambos sobrevivió una industria fosilizada que, aburrida, hacía una y otra vez lo mismo. Tendríamos que esperar a la llegada de Jeff Bezos para que saliera del coma autopropinado.

Sin embargo, la historia, en ningún caso, es tan plana, unilineal y sin matices. Para intentar contrarrestar esta mirada que fosiliza la producción editorial, veamos algunos ejemplos tomados de diferentes momentos, unos lejanos en el tiempo, otros no tanto, que nos hablan de un conjunto de personas, prácticas e intereses constantemente preocupados por encontrar nuevos derroteros para una práctica centenaria.

La diversidad de aspectos, desde la organización laboral hasta los modelos de mercadotecnia, muestran al campo editorial como uno obsesionado por lo nuevo, que tomó decisiones que dieron lugar a prácticas atinadas, muchas de las cuales siguen siéndolo aún hoy.



Figura 1. *Historia naturale* de Caio Plinio Segundo, traducta di lingua latina in fiorentina per Christophoro Landino (1476). Disponible en <https://bit.ly/3Kqjrdy>.

EL OUTSOURCING ANTES DEL NEOLIBERALISMO

La editorial fue una de las primeras industrias que hizo un esfuerzo consistente y exitoso por racionalizar y estandarizar la producción masiva desde su origen. Solo durante el brevísimo periodo de los incunables, esa maravillosa etapa que corre entre el año de 1453, cuando oficialmente se inventa la imprenta, y el día antes de la Pascua de 1501, las novísimas prensas inventadas por Gutenberg produjeron unos veinte millones de ejemplares, resultado de las treinta y cinco mil ediciones de unos quince mil textos diferentes que han llegado hasta nuestros días (Figura 1). Tal hazaña no podría haberse logrado con una industria timorata sino como resultado de un esfuerzo que solo puede caracterizarse de moderno, como no dudan en hacerlo Febvre y Martin en *La aparición del libro* (2005, p. 289).

La industria editorial desde sus inicios revolucionó muchos aspectos, y el laboral no resultó ser la excepción. Fue de las primeras en incorporar como parte de sus procesos el trabajo por hora, algo que tendría que esperar hasta el siglo XVII para convertirse en un modo regular de compensar el esfuerzo de los trabajadores de otras ramas industriales (Striphas, 2011, p. 7; Febvre y Martin, 2011, pp. 143-153). La terciarización de las múltiples tareas que convoca la labor editora será una marca de nacimiento profunda, tanto que perdura hasta hoy, y durante las últimas décadas ha servido como arquetipo para la erosión sistemática del trabajo modelado bajo el predominio del Estado benefactor que le ha cedido el paso al trabajo precario del neoliberalismo globalizador (Menger, 2009; Hemonthalgh y Baker, 2011).

Los talleres de impresión del siglo XV “parecían más talleres modernos que fábricas medievales”, nos dicen Febvre y Martin, y lograron perfeccionar los procedimientos técnicos que volvieran más sencillo y veloz el trabajo de las prensas como

respuesta a la necesidad de producir cada día más libros y a menor precio [lo que] llevaba a los impresores a hacer más racionales sus métodos de producción (2011, p. 143).

Y como parte de esta racionalización se adoptó un modelo laboral terciarizado, diríamos ahora, que le permitió a esta naciente industria un desarrollo llamativo, junto, por cierto, con “algunos de los primeros brotes de sindicatos y organizaciones sindicales” (Phillips y Bhaskar, 2020, p. 23).

LA INVENCION DE LA PIRATERÍA

Otro fenómeno sobre el que no podemos hablar de autismo editorial fue el relacionado con la aparición de la piratería, o para decirlo de forma más elegante, el papel activo de la imprenta en la “reorganización radical de lo que hoy conocemos como propiedad intelectual” (Johns, 2009, p. 15).

Desde que la imprenta llegara a Inglaterra en 1471, la actividad de ese gremio estuvo, en buena

medida, supervisada por la *Company of Stationers*, la compañía de los libreros. Su misión principal era evitar la impresión de textos sediciosos y las conductas ilícitas (por entonces no se llamaban piratería), y fomentar la de escritos que contaban con licencia para su reproducción. Robo de pliegos, impresión de textos cuyo contenido no era el mismo que el autor había entregado a la prensa, y una buena cantidad de triquiñuelas para brincarse las normas eran asuntos frecuentes presentados al tribunal, que fijaba el código de conducta del gremio.

Un sistema de registro y la aplicación de medidas consuetudinarias, que se verificaban en la casa del impresor, el lugar donde se llevaban a cabo las tareas (de ahí lo de casa editorial) y que mantuvieron durante buen tiempo vivo el “brío moral del comercio libresco al modo de una comunidad gremial viva perteneciente a una esfera cívica” (Johns, 2009, p. 27). Pero esta corporación se había comenzado a cuartear como resultado de una tendencia oligárquica de los libreros y el interés cada vez mayor de estos por distinguirse de los impresores, hasta volverse un sector distinto y jerárquicamente superior. A lo que se le debe agregar el conflicto en el que entraron los sistemas de registros y patentes, algo que se extendió poco después a la Europa continental.

Por entonces había varios ingredientes que convertían el cóctel editorial en una bomba de tiempo para el sistema establecido. El gremio de los libros se desentendía cada vez más de las normas que permitían mantener bajo control las opiniones; el entorno más amplio comenzaba a presenciar un aumento notable en la discusión de lo que se convertiría en la “esfera pública”, y se fortalecía la prensa popular, que nos recuerda el papel de las redes sociales durante la pasada elección norteamericana que le dio el triunfo a Trump: “sañudamente sectaria, violentamente parcial, implacablemente dedicada al plagio y a menudo disparatadamente crédula” (Johns, 2009, p. 30).

Frente a esto, la Corona creyó encontrar un camino para contener y aprovechar las nuevas disputas que “no eran ya las de la universidad, la corte y el palacio”.

La arena donde se dirimió esto fue la de registros y patentes. Los impresores habían cedido preeminencia a los libreros, los propietarios de los ejemplares, como se llamaba a las entradas del registro de libros sajón, y que eran insaciables y fomentaban la mayor discordia posible porque eso vendía libros. La propuesta, entonces, era que se dejaran de lado los registros y se entregaran patentes a los caballeros ingleses que estaban alejados de las mundanales pasiones del gremio editorial, lo cual significaba un cambio radical en este sector.

La reacción de los libreros no se hizo esperar e inventaron una tradición (Howsbawn y Ranger, 1987): la autoría entendida como propiedad. Y la pusieron en el centro de la disputa. El historiador norteamericano Adrian Johns considera esta la formulación germinal de la idea de una propiedad literaria –de “un derecho absoluto generado por la autoría”, que podía fungir como columna vertebral de un “sistema moral y económico vinculado con las tareas propias de la imprenta”. Desde luego, la idea no contaba con el respaldo de ningún precedente claro, y según el historiador norteamericano, sirvió para dar una vuelta de tuerca sorprendente, ya que “fue la noción de piratería la que vino a desencadenar la concepción de un principio de propiedad literaria ligado a la autoría y no al revés” (Johns, 2011, p. 39). Se consagró el derecho natural de los autores a sus obras y se le otorgó mayor poder al principio sacrosanto de la propiedad y a la legitimidad política que conlleva.

Como resultado, o como continuación profundizada de un proceso con varios años a cuestas, el conocimiento se daba a conocer mediante una cascada de “apropiaciones en cadena”, muchas veces sin autorización, como nos lo ha contado detalladamente Robert Darnton en su trabajo sobre la Enciclopedia (Darnton, 2006) (Figura 2). Y eso ayudó, entre otras muchas cosas, a que la Ilustración se propagara a lomo de una catarata de reimpressiones “ilegales”. Como sostiene Johns, “podríamos decir que sin piratería no habría habido Ilustración” (Johns, 2011, p. 53).



Figura 2. Charles-Joseph Panckoucke, editor de la *L'Encyclopédie méthodique* (entre 1782 y 1832). Wikimedia Commons, <https://bit.ly/3Gq7iZ6>.



Figura 3. Ex libris de Luis González Obregón. Colección Ex libris. Sala de Archivos y Colecciones Especiales. Universidad de las Américas Puebla. Disponible en <https://bit.ly/43gVP7P>.

LA NAVIDAD EDITORIAL

Un alemán promedio posee hoy alrededor de diez mil objetos. En Gran Bretaña, en 2013, había unos seis mil millones de prendas de vestir, unas cien por adulto, y un cuarto de ellas nunca salían de sus cajones (Trentmann, 2017).

Esta fiebre consumista, que nos ha vuelto seres voraces, compradores muchas veces descontrolados, es el resultado de un largo proceso. Hay quienes encuentran en la dinastía Ming (1368-1644) el referente más antiguo, con su obsesión por las copas laqueadas incrustadas de plata y sus peinados sostenidos por horquillas de bambú talladas.

Otros creen hallarlo en la República Holandesa de la Época Dorada del siglo XVII, cuando incluso las doncellas contaban con pinturas en sus cuartos y la Gran Bretaña del XVIII, inundada por la avalancha de nuevos productos baratos: pipas, jabones, calcetines tejidos, tabaco, chocolate y café... (Trentmann, 2012). Para que la sociedad del consumo florezca, como bien lo apunta Trentmann, las actitudes deben cambiar: “Los bienes no llegan solos.

Tienen que ser invitados a pasar”. Y eso fue lo que sucedió con los libros y la Navidad en el siglo XIX.

En ese momento los pequeños objetos impresos comenzaron a ocupar un lugar destacado en una de las tradiciones más importantes de Occidente, la Navidad. La incipiente fiebre consumista norteamericana encontró en los libros uno de los primeros y más adecuados objetos para regalar en esa fecha, el momento de intercambio familiar más importante de la modernidad. Stephen Nissenbaum, en *The Battle for Christmas* (1996) analiza la transformación de esta festividad, un periodo que, antes del siglo XIX, resultaba una especie de carnaval, un tiempo de consumo ilimitado de alcohol y de violencia gansteril, durante el cual se abandonaban las más elementales reglas de convivencia y urbanidad, una violencia festiva que parece encontrarse en las antípodas del moderno festejo decembrino. Como reacción a los efectos de esta subversión periódica del orden apareció un nuevo estilo de festejo a puertas cerradas, en la comunión familiar, que Nissenbaum coloca como parte de una larga historia de consumo cultural y de las prácticas vinculadas al cuidado de los niños, objeto de regalos en esta temporada. Y serían los libros los

que jugarían un papel central en esta transformación: “Los editores y libreros eran las fuerzas de choque en la explotación y el desarrollo de un comercio navideño y los libros estaban a la vanguardia de una Navidad comercial” (Nissenbaum, 1997, p. 140).

Hacia la década de 1830 apareció en los Estados Unidos un nuevo tipo de libro, el de regalo. Se trataba de antologías especiales, producidas en diferentes formatos, que incluían un *ex libris* (Figura 3) para la personalización del objeto, pensadas para entrar al mercado en el momento más álgido de las compras navideñas. Y estas características, diversidad de formatos y personalización, permitían algo que le resultaba imposible de lograr a otros productos generados en masa: su hechura estaba pensada para su recepción como muestra de intimidad y afecto en, al menos, dos formas. En primer lugar, quien entrega un regalo tenía que elegir entre muchas ediciones la que mejor se adaptara al destinatario. Y tomar la decisión adecuada no resultaba sencillo porque los editores inundaban el mercado con productos diversos destinados a diferentes conjuntos sociales. Y los *ex libris* le permitían a quien hacía el regalo volver aún más personal su selección, escribiendo una dedicatoria en unas páginas preimpresas que permitían colocar mensajes personalizados, “sugiriendo nuevamente unas fronteras desdibujadas entre la producción industrial en serie y los sentimientos personales”, y les proporcionaron a los libros un papel central en la transformación de la Navidad en un día de fiesta consumista (Striphas, 2011, pp. 7-8).

Esta descripción no nos debería sorprender. Febvre y Martin (2005, p. 290) destacan que nunca debemos perder de vista que “desde el principio los impresores y los libreros trabajaron con fines lucrativos”; como lo señala McLuhan: “desde el principio, la imprenta ha de resolver el problema de ‘lo que el público quiere’” (McLuhan, 1985, p. 246). O, para fijarlo con contundencia, como lo sostiene el bibliómano Michel Melot:

El libro nunca ha escapado al capitalismo, es hijo suyo. Era una iglesia. Se convirtió en un mercado. De uno al otro el clérigo ha cambiado (Melot, 2007, p. 26).

EL LIBRO, SU CURP Y LOS INICIOS DEL SUPERMERCADO

Una última pareja de ejemplos para ilustrar nuestro punto y combatir la idea del inmovilismo editorial, que debería ayudar a ahuyentar los fantasmas de una industria enmohecida que se mira perpetuamente el ombligo. Ahora nos referiremos a asuntos relativamente recientes, el ISBN y el código de barras, y cómo el comercio librero transformó su exhibición. Los libros no solo han formado parte del capitalismo de consumo, que prácticamente empezó con ellos, son parte del combustible que lo impulsa, y son la clave para comprender las formas de cambio y evolución de este capitalismo consumista en transformación.

Aunque su aplicación masiva es relativamente reciente, el ISBN tiene una historia que comienza, al menos, hace unos 60 años. En 1965, W. H. Smith & Son, la entonces mayor cadena inglesa de librerías, decidió pasar sus inventarios en papel a un registro en computadora. Las complicaciones empezaron al momento de decidir cuál de los múltiples criterios que sirven para identificar una obra se iba a tomar en consideración (autor, título, edición, casa editorial, tipo de encuadernación, fecha de edición, idioma, entre otros).

Convertir en digitales los datos del viejo sistema analógico acarreaba múltiples problemas para un modelo que contaba con una limitada capacidad para el manejo de información y que se las veía mejor con los números. Ese fue el origen del Standard Book Number (SBN), predecesor del conocido ISBN (International Standard Book Number), algo así como el CURP de los libros, resultado de la necesidad de crear “una abstracción que permitiera la repetición sin fin de casos individuales [...] sin particularizar demasiado estos objetos” (Radway, 2011, p. 166). El modelo sería posteriormente copiado por la industria de la música, que había fallado hasta entonces en su búsqueda de una alternativa abstracta aplicable al vinilo, y también por la de los empresarios productores de dulces, entre las más destacadas.

Por otra parte, el aumento de la matrícula universitaria durante la posguerra condujo a las librerías norteamericanas a enfrentar la necesidad de encontrar mejores modelos de exposición y venta para un número constantemente creciente de volúmenes y lectores. Para ello tomaron una serie de decisiones que privilegiaron las ventas por volumen frente a consideraciones estéticas.

Eso condujo a “la peculiar historia de las relaciones entre la venta de libros y la de alimentos” (Striphas, 2011, p. 58). Contra lo que hoy podríamos suponer, fueron las librerías las que le marcaron el camino a los supermercados, y no al contrario. ¿De qué manera? Con estanterías que no estaban detrás de los mostradores, con los productos dispuestos para ojearlos ocasionalmente y para lo que tiempo después se llamaría autoservicio.

Es difícil imaginárselo hoy, pero cuando, por ejemplo, los productos alimenticios que se vendían en las tiendas no contaban con identificaciones o empaques claros, las portadas de los libros servían como protección y como gancho para atraer a los compradores.

Frente a la idea establecida de que los libros deben ser tratados como objetos sacros, este nuevo modelo de comercialización puso en marcha una tríada formada por el volumen, la eficiencia y la comercialización, lo que pavimentó el camino para el moderno supermercado y la forma de comercialización masiva (véase la Figura 4 para hacerse una idea de una librería actual con formato antiguo).

La labor editorial, nos dicen Philips y Bhaskar (2020, p. 24), suscitó, acompañó, empujó otros profundos cambios culturales, como la Reforma, la revolución científica, el modernismo o el comunismo. Por lo que no es casual que, Amazon mediante, este ladrillo de la civilización occidental, con más de 500 años a sus espaldas, sea, otra vez, la punta de lanza de una poderosa transformación.



Figura 4. Librería Acqua Alta, Venecia. Disponible en <https://www.bbc.com/culture/article/20140327-worlds-most-beautiful-bookshops>.

REFERENCIAS

- Darnton R (2006). *El negocio de la Ilustración*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Febvre H y Martin H J (2005). *La aparición del libro*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Hesmondhalgh D and Baker S (2011). *Creative Labour: Media Work in Three Cultural Industries*. Londres: Routledge.
- Howsbawn E and Ranger T (Eds.) (2011). *The Invention of Tradition*. Cambridge University Press.
- Johns A (2009). *Piracy. The Intellectual Property Wars from Gutenberg to Gates*. University of Chicago Press.
- MacLuhan J (1985). *La galaxia Gutenberg. Génesis del "Homo Typographicus"*. Madrid: Planeta.
- Melot M (2007). ¿Y cómo va “la muerte del libro”? *Istor* 31:7-26.
- Menger PM (2009). *Le travail créateur. S'accomplir dans l'incertain*. París: Gallimard, Le Seuil.
- Nissenbaum S (1997). *The battle for Christmas. A Cultural History of America's Most Cherished Holiday*. New York: Vintage Books.
- Philips A y Bhaskar M (2020). El universo de la edición. *Trama & Texturas* 42:21-34.
- Radway J (1999). *A Feeling for Books. The Book-of-the-Month Club, Literary Taste, and Middle-Class Desire*. Chapel Hill: The University of North Carolina Press.
- Striphas T (2011). *The Late Age of Print. Everyday Book Culture from Consumerism to Control*. New York: Columbia University Press.
- Trentmann F (Ed.). (2012). Introduction. En *The Oxford handbook of the History of Consumption* (pp. 1-19). Oxford University Press.
- Trentmann F (2017). *Empire of Things: How We Became a World of Consumers, from the Fifteenth Century to the Twenty-First*. Harper. UK: Allen Lane.

Raúl Marcó del Pont Lalli
Instituto de Geografía
Universidad Nacional Autónoma de México
edito@geografia.unam.mx

Ellas en su caminar.

El opaco mundo de la prostitución en Puebla, 1873-1936.

Fernanda Núñez



ELLAS EN SU CAMINAR
EL OPACO MUNDO DE LA PROSTITUCIÓN EN PUEBLA,
1873-1936

ROSALINA ESTRADA URROZ
López Vela ediciones-BUAP
México, 2023

Estoy segura de que *Ellas en su Caminar...* será referente para los interesados en la historia y la sociología, no solo de la prostitución, sino de la ciudad de Puebla y de sus instituciones, de su cultura, la sexualidad, las emociones y hasta de las pasiones de sus habitantes.

Conocí a la autora, Rosalina Estrada Urroz, hace ya 20 años en uno de los primeros coloquios que el seminario *México-Francia: una sensibilidad común* organizó en el Colegio Michoacán, en Zamora. Fue justamente nuestro mutuo interés por el estudio de la prostitución lo que unió nuestros caminos desde ese momento. Entonces yo ya había publicado la que fue mi tesis de doctorado sobre la prostitución y sus representaciones en la Ciudad de México del siglo XIX, mientras que ella estaba trabajando en los archivos poblanos, persiguiendo rastros, encontrando huellas, traduciendo lecturas y debates que el universo prostitucional produjo tanto en Puebla como en Francia desde finales del siglo XIX hasta la tercera década del XX.

En una muy bella introducción, Rosalina nos deja vislumbrar el enorme trabajo realizado, su prolífica bibliografía, su acucioso trabajo de campo en los archivos locales e internacionales, porque desde que la conozco siempre ha estado ampliando su mirada y ha tenido el interés por cotejar las lecturas que nuestros intelectuales

hacían de sus contemporáneos internacionales, franceses sobre todo, porque fue el país inventor del famoso sistema que pretendió controlar ese mundo inasible.

En seis capítulos desgrana el paso de las mujeres dedicadas al “oficio más viejo del mundo” por las instituciones creadas ex profeso para su contención y vigilancia. En ese período, la prostitución de la que hablan los archivos se declina solamente en femenino. México, como muchos otros países, fue receptor de ese afán reglamentarista que desde finales del siglo XVIII, se pensaba, impondría orden e higiene en las ciudades que lo aplicaran. Registrar, controlar, revisar y castigar a esas mujeres, estigmatizadas desde siempre, pero tan necesarias para el buen funcionamiento de las urbes. Fue por eso que se implementó ese famoso “sistema francés” o de la tolerancia, que llegó a México en la segunda mitad del XIX, justo cuando en su país de origen estaban ya siendo cuestionadas, no solo su eficacia para erradicar las horribles enfermedades venéreas, sino también su pertinencia, pues nunca fue capaz de controlar a la totalidad de unas mujeres cuyo oficio era de por sí incontrolable. Pero gracias a ese esfuerzo, tenemos los historiadores un enorme y rico archivo. Las instituciones creadas ex profeso para su puesta en marcha escribieron mucho; los médicos, los policías, los abogados, y ni qué decir de la opinión pública, novelistas y periodistas que se posicionaron sobre el asunto y las candentes cuestiones que de él dimanaban. Aunque ellas, las protagonistas principales de esta historia, permanecerán, desgraciadamente para nosotras, bastante mudas, así que solo podemos trabajar alrededor de las representaciones que de ellas nos legó el sistema.

El estudio de la implementación de ese famoso sistema, nos introduce de lleno también a la historia de la condición de las mujeres. Desvela de manera increíble la construcción de los géneros, la sexualidad fundada sobre el doble estándar, el extraordinario poder del estado patriarcal. Porque en su gran mayoría, incluso hasta el día de

hoy en el que el internet ya juega un papel muy importante y ya participan otros actores homo, trans, *queer*, la prostitución sigue siendo un oficio eminentemente femenino, controlado y consumido mayoritariamente por varones: policías, médicos, inspectores, jueces, políticos, periodistas, proxenetes, clientes y ahora, desgraciadamente, tratantes y traficantes mafiosos.

La prostitución fue tolerada desde tempranas épocas porque se consideró siempre como un “mal necesario” para salvaguardar la honra de la hija, de la que será la esposa, de la decencia, incluso para alejar a los jóvenes de la homosexualidad. Pero para que ese sistema funcionara bien ellas debían estar sanas, porque la sífilis amenazaba con corroer y arruinar a las sacrosantas familias, debilitando a su vez a la nación. Por ello, en caso de enfermedad, se consideró imprescindible ingresarlas al hospital –secuestrarlas–, decía el Reglamento de la Ciudad de México, porque debían permanecer en reclusión mucho tiempo y en precarias condiciones, incluso higiénicas, hasta su nunca bien conocida recuperación, puesto que hasta el descubrimiento de la penicilina la sífilis no se curaba.

Rosalina nos introduce a la ciudad de Puebla. Describe, siempre que puede con las palabras de los protagonistas, a una cultura ya desaparecida, al precario mundo de la pobreza en el que ellas vivieron y a los esfuerzos de las autoridades, muchas veces vanos, que pretendieron controlarlas. Las conocemos porque su actividad, desarrollada entre el bajo mundo urbano, fue de la mano con la del consumo de alcohol, con la de la ociosidad y el juego en tabernas, mesones y pulquerías en donde muy seguido su presencia producía riñas y provocaba la intervención policiaca. También porque los reglamentos y las prohibiciones fueron poco acatados y por lo tanto produjeron documentos. Por más que se pretende ocultar la inmoralidad, o el “maléfico germen de la prostitución con su atmósfera pestilente”, esta brota por los poros de la ciudad y aparece ahí donde no debe estar, imposible asirlo en su conjunto: el clandestinaje siempre será mayor que el controlado. De las ricas *cocottas* sabremos mucho menos, los burdeles de primera o las bellas

horizontales causan menos escándalo; en general, están protegidas y no son perseguidas. Si enferman, se curan a domicilio con médicos particulares, el anonimato del cliente siempre será protegido. Porque algo muy interesante para reflexionar es que, a pesar del estigma, de la amenaza moral y corporal que las mujeres públicas representaban, los varones fueron grandes adeptos a la carne tarificada, como lo comprobó el gran especialista en el tema, Alain Corbin.

En un bello tercer capítulo y apoyada en su fuente estrella, el Registro que de 1886 a 1927 retrató y registró a 666 mujeres, la autora nos proporciona una sugerente lectura. No hay palabras que puedan describir el extrañamiento que causan hoy esas fotografías y que demuestran el paso del tiempo; otra sensibilidad, otra cultura, nos pueden llevar a pensar que nos faltan las claves culturales para poder descifrarlas sin cometer terribles anacronismos. Las vemos con trenzas y rebozo, con sombrero y chongo, hasta llegar al pelo corto a la *garçon* de las chicas modernas; pero todas ellas están vestidas de manera “decente”, sin escotes, nada de posturas lascivas, ellas no se ofrecen al ojo del fotógrafo. Parecen campesinas, domésticas, maestras, secretarias, jóvenes. El registro arroja que, en general, ellas tienen entre 22 y 25 años, proceden de Puebla o del D. F.; si algunas son “hoyosas de viruelas” o tienen cicatrices, en su mayoría no tienen señas particulares y se inscriben en el registro por propia voluntad. Un inspector afirmó que en 1927, en los burdeles de Puebla, el 90 % de las pupilas eran de la clase media y sabían leer y escribir, y que la mayoría había sido taquimecnógrafa o modista, había una enfermera y el resto eran ex obreras o seducidas y abandonadas. Es importante reflexionar acerca de lo que ellas dicen de sí mismas y sobre lo que los inspectores creían entender por “clase media”.

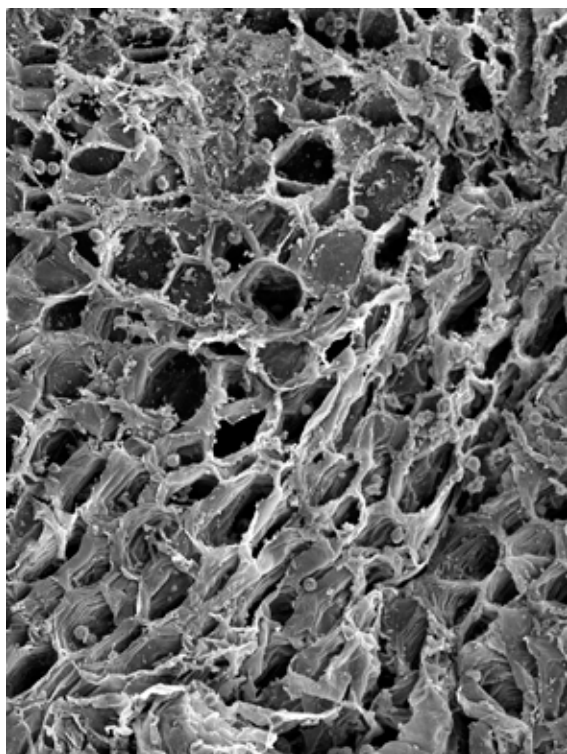
El ideal del sistema era crear zonas rojas bien delimitadas y encerrar a las mujeres en burdeles según la clase de sus pupilas, de 1ª., de 2ª., de 3ª. (en el registro de Ciudad de México había incluso de “ínfima categoría” y se les describía como bonitas, regulares o feas). Mantenerlas en esos lugares

bien dispuestas, sujetas y sanas. La realidad, fue muy diferente.

A pesar de su locuacidad, los documentos informan poco, casi nada, sobre las prácticas reales dentro de esos espacios donde se desplegaba la masculinidad. Ni siquiera conoceremos la clase a la que pertenecían los burdeles sometidos, como tan bien lo describe el 4º. capítulo por eso intitulado *El opaco burdel*. En su gran mayoría, esos establecimientos abren y cierran constantemente, se mudan de lugar, las mujeres entran y salen, se fugan. En ese periodo aún son mujeres, matronas, las que los manejan y podemos leer sus quejas: no quieren pagar sus cuotas, siempre alegan su insolvencia. En tiempos revolucionarios la prostitución crece y se desparrama por la ciudad como anuncia la prensa escandalizada, aumentan los burdeles, las casas de citas, los moteles y hasta los oscuros callejones sirven para consumir el acto. También se ofrecen servicios sexuales en las novedosas academias de baile, los *dancings*, los cabarets, pertenecientes incluso a miembros del ayuntamiento, a pesar de las prohibiciones, las sanciones y castigos con que los reglamentos amenazaban.

El accidentado camino de las mujeres sometidas al sistema nos es descrito en el capítulo 5º. Ahí las vemos siempre tratando de sustraerse del control sanitario y del pago de sus cuotas, escapar de la mirada policiaca y del burdel; pero también de su irremediable paso por el hospital de donde seguido se fugaban, o por la temida cárcel de la que fueron huéspedes habituales. De la corrupción del sector que está para implementar el sistema. Por eso, el sueño de muchas era encontrar al hombre que las ayudara a ser radiadas del registro, el famoso fiador, el aval que apostaría por su redención, vista como imposible por las autoridades; los pocos casos que efectivamente lo lograban, les dan la razón.

En fin, podría seguir desvelando otras perlas que Rosalina Estrada ofrece en este libro, y sin embargo es tiempo ya de concluir. A pesar de que la fuente nos permitió conocer sus rostros, no pudimos saber sobre sus vidas cotidianas ni conocer



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

sus sentimientos, sino solo escuchar las blasfemias y leperadas de esas “putas guajolotas”, o ver sus cicatrices y golpes cuando son revisadas por médicos legistas.

Pero tampoco pudimos saber gran cosa del otro vértice de ese triángulo, el cliente: *John* le llaman los anglos, *monsieur tout le monde*, los franceses, para subrayar que él puede ser cualquiera. Nadie habló tampoco de prácticas, de sexo, de deseo ni de amor.

El otro vértice, el único que sí habló, lo cerraban el policía, el médico, el moralista. Pero tampoco hablaron de las condiciones reales de las mujeres, de su baja escolaridad, de las pocas oportunidades de trabajo, de lo mal retribuido de este y de que la mayoría había tomado ese camino porque no le quedaba de otra.

A partir de la década de 1870, en Europa, algunos pensadores de izquierda y las que ya se pronunciaban por la emancipación de las mujeres, denunciaban con fuerza ese sistema francés y el

doble estándar moral que atravesaba al fenómeno: la desigualdad de derecho entre los sexos, así como la injusticia que vehiculaba. Justo en el momento en que las mujeres pretenden entrar a formar parte del espacio público, es cuando el sector abolicionista logra movilizar a la opinión contra la reglamentación, aunque eso no quiere decir que contra la prostitución.

También a finales de ese siglo se percibe un cambio en la sensibilidad masculina que provoca un declive del burdel y que la prostitución cambie de rostro a más clandestinidad en casas de citas, moteles, bares...

En nuestro país, supuestamente tan afrancesado, esas preocupaciones sensibles no marcaron las prácticas, pues fue hasta la década de 1940 cuando se deroga el sistema de la tolerancia oficial. A partir de entonces, esa historia se contará de otra manera.

Desde hace varias décadas, grupos de prostitutas organizadas que ya incluyen al pujante sector homo, exigen ser llamadas sexoservidoras y que su oficio sea reconocido como trabajo con derechos y obligaciones, justamente para visibilizar al cliente como la otra cara de ese intercambio laboral entre la que se vende y el que compra.

Los estudiosos del tema han mostrado la estrecha relación que ha habido siempre entre la pobreza y las pocas opciones laborales y la prostitución, aunque haya mujeres menos necesitadas o de clases acomodadas que se dediquen al oficio. Las exigencias de reconocimiento legal del oficio más viejo del mundo son las que han dividido al movimiento feminista.

Como el libro de Rosalina Estrada lo ilustró, estas preocupaciones tan actuales no afloraron entonces, cuando se pensó que controlando a unas cuantas, se protegería a todas las demás de la lubricidad de los varones. A ellos, nadie nunca les dijo nada.

Fernanda Núñez
INAH-Xalapa, Veracruz
fnunezbecerra@gmail.com

Borrado cuántico y sus aplicaciones al procesamiento cuántico de la información

Fabiola **García Gutiérrez**
Francisco A. **Domínguez Serna**
Manuel **Ávila Aoki**

Un protocolo enigmático y apasionante de la física cuántica es el llamado borrador cuántico. Desde su revelación en 2002 (Walborn, 2002), este ha generado mucha discusión acerca de las posibilidades que ofrece al Procesamiento Cuántico de la Información (PCI) (Wang *et al.*, 2017).

¿Qué es y para qué sirve el borrado cuántico? La primera respuesta está explicada en el identificador de la Figura 1, donde se puede apreciar cómo se borra el origen del fenómeno físico. La segunda respuesta es que sirve, entre otras cosas, para el procesamiento cuántico de la información (PCI). En 2017, Wang y sus colaboradores (Wang *et al.*, 2017) propusieron un experimento para generar entrelazamiento cuántico multipartita, que es un ingrediente básico y un recurso necesario para el PCI (Lami *et al.*, 2023; Overbye, 2022).

Dentro de las diferentes propuestas que existen para generar estados entrelazados (*i.e.*, que están cuánticamente comunicados) destacan aquellas que abordan la generación de estados atómicos correlacionados. Para generar entrelazamiento atómico se requieren dos ingredientes: un colectivo de átomos y una manera de hacerlos interactuar de forma controlada.

Figura 1. Un fotón incide sobre una doble rendija. Como el fotón no interactúa con él mismo, entonces no se observa un patrón de difracción.

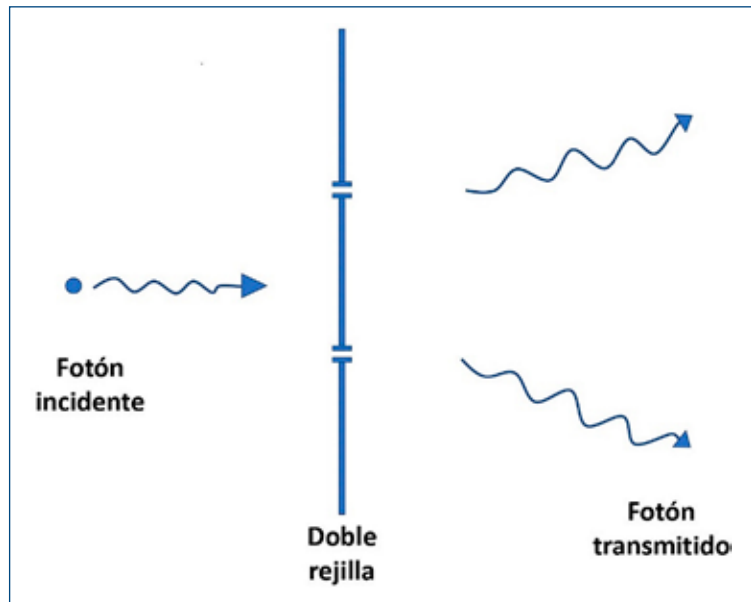
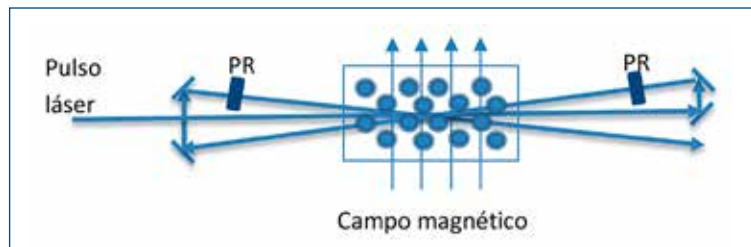


Figura 2. Esquema propuesto por Wang y sus colaboradores (Wang *et al.*, 2017) para generar entrelazamiento atómico multipartita mediante el triple paso de un pulso láser por un ensamble atómico. El triple paso de la luz permite borrar el entrelazamiento entre de los átomos con la materia. PR: placa retardadora.



Esto último se puede lograr mediante la interacción luz-materia, es decir, mediante el uso de luz láser.

La interacción luz-materia ocurre cuando radiación electromagnética, que puede ser en forma de luz, proveniente de un láser, interactúa con los átomos o moléculas de la materia. La materia puede absorber la luz y producir transición de los electrones a niveles de energía más altos. De la misma forma, es posible el fenómeno contrario, en donde la materia puede emitir luz cuando los electrones pasan a niveles de energía menores.

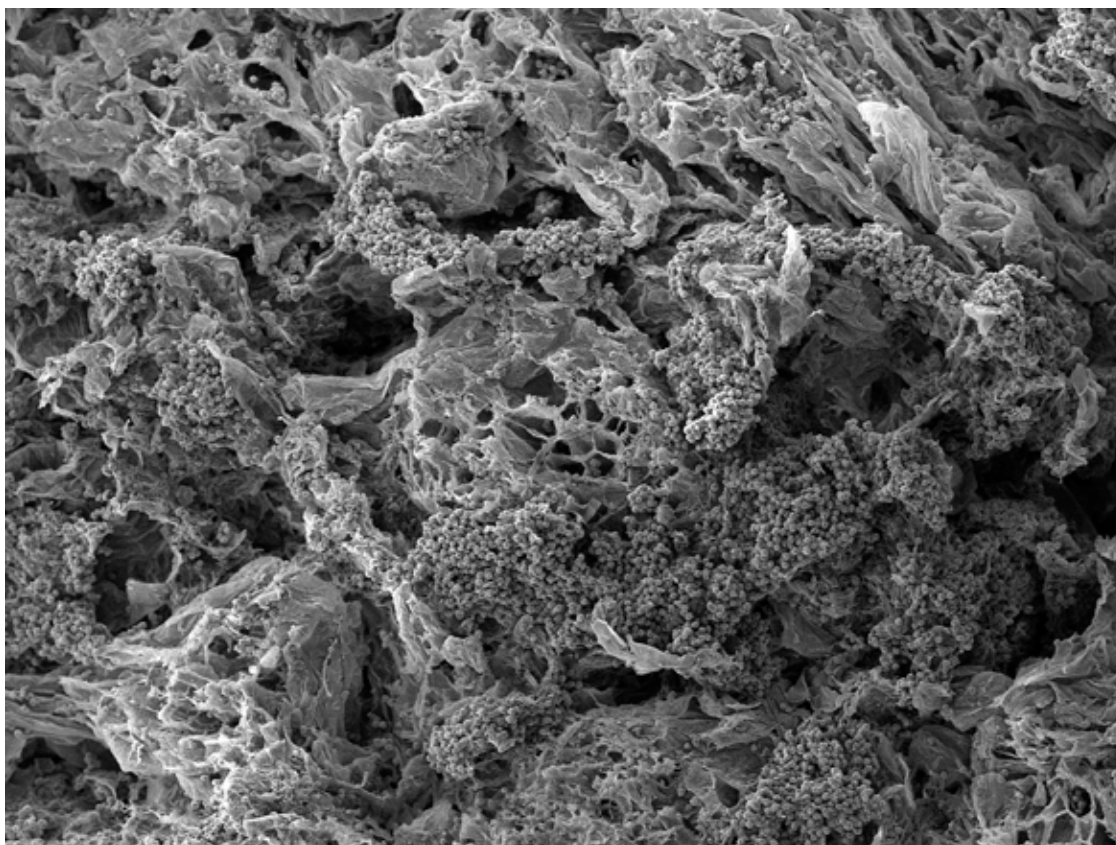
Además del intercambio de energía descrito por la interacción luz-materia, también es posible transferir momento angular a los átomos mediante luz, lo cual puede resultar en cambios en la orientación y dirección del espín atómico.

El espín atómico es una propiedad cuántica importante relacionada con el momento angular

intrínseco de las partículas que componen al átomo y se puede utilizar para codificar y procesar información cuántica.

En el experimento propuesto por Wang y sus colaboradores (Wang *et al.*, 2017) se genera entrelazamiento entre la luz y el espín de un conjunto de átomos (multipartita); posteriormente se utiliza el borrado cuántico para eliminar el entrelazamiento con los grados de libertad de la luz, dejando únicamente entrelazamiento entre los espines atómicos. Esto último es importante para lograr PCI de forma más eficiente. Ellos proponen esto mediante la interacción de la luz con el espín colectivo de un conjunto de átomos idénticos. Se puede explicar sencillamente con ayuda de la Figura 2, como se describe a continuación:

1. Se envía luz polarizada al arreglo de átomos en una dirección. El ensamble atómico está sujeto a un campo magnético constante que permite la interacción luz-materia. A la salida, la luz tiene información del momento angular de los átomos.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

2. La luz es reflejada para interactuar nuevamente en la muestra, con lo cual puede transferir información al ensamble atómico. Esta interacción produce lo que se conoce como compresión de espín de un eje, es decir, que el espín del ensamble atómico se encuentra más definido en una dirección que lo que se encontraba inicialmente. Sin embargo, el espín de los átomos se encuentra entrelazado con la luz utilizada para la interacción, por lo que la utilidad del espín atómico para PCI se ve disminuida.

3. En una tercera fase, se refleja nuevamente la luz hacia el ensamble atómico. Si las características de polarización y fase de la luz reflejada son controladas adecuadamente, se consigue que la información compartida entre los átomos y la luz en cada paso por el ensamble interfiera destructivamente, borrando así el entrelazamiento existente entre la luz y la materia.

El procedimiento ideado por Wang y sus colaboradores (Wang *et al.*, 2017) permite generar un estado del ensamble atómico que se encuentra entrelazado entre grados de libertad de la materia, únicamente donde el protocolo de borrado cuántico

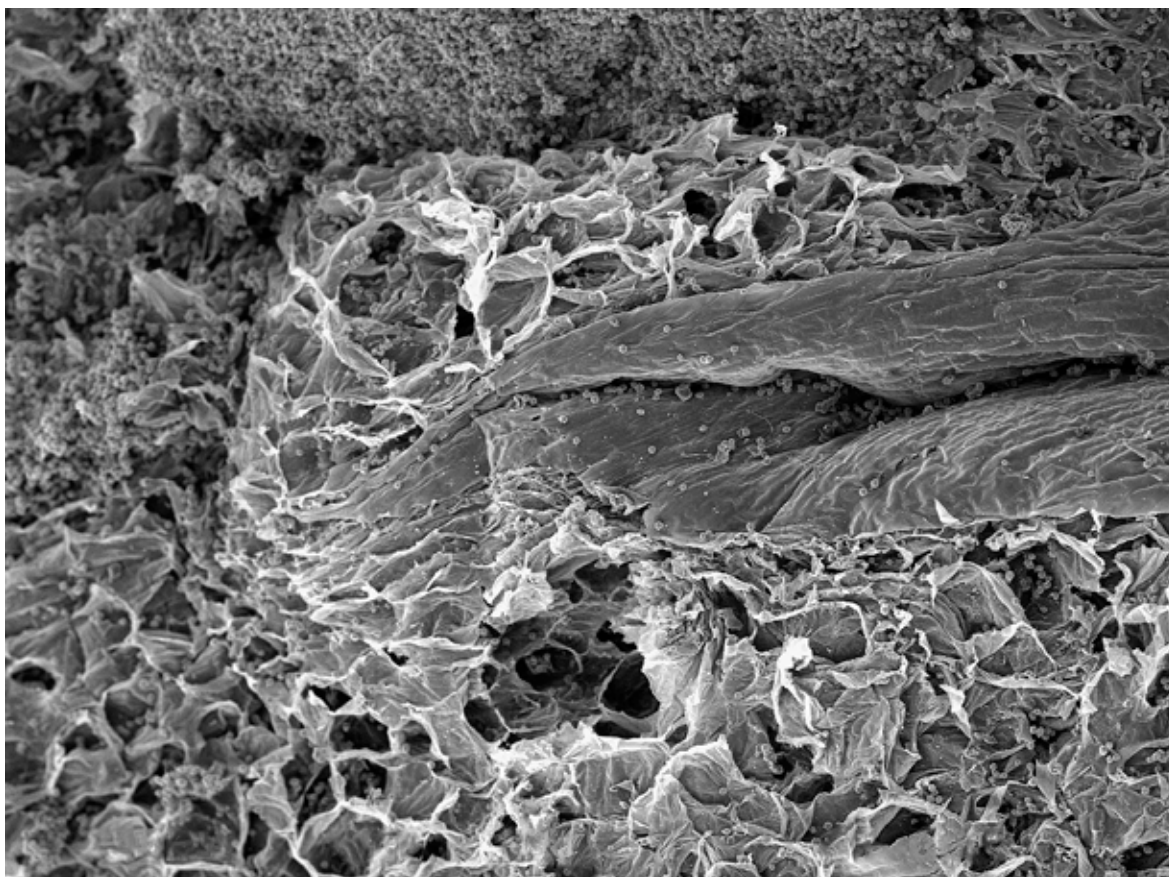
elimina la correlación luz-materia. Esto resulta útil en la implementación práctica de PCI en sistemas atómicos. El tema de este artículo es un tópico de frontera en óptica cuántica que continúa siendo investigado en los principales laboratorios del mundo.

AGRADECIMIENTOS

M. A. A. agradece a SNI CONAHCyT

R E F E R E N C I A S

- Kastner RE (2019) Delayed choice quantum eraser neither erases nor delays. *Found. Phys.* 49:717-722. <https://doi.org/10.1007/s10701-019-00278-8>.
- Lami L and Regula B (2023) No second law of entanglement manipulation after all. *Nature Physics* 19(2):184-189. <https://doi.org/10.1038/s41567-022-01873-9.S2CID242757348>.
- Overbye D (2022). Black Holes May Hide a Mind-Bending Secret About Our Universe-Take gravity, add quantum mechanics, stir. What do you get? Just maybe, a holographic cosmos. *The New York Times*. Recuperado el 14 Marzo 2023.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Pedrotti FL, Pedrotti LM and Pedrotti LS (2017). *Introduction to Optics*, Cambridge University Press.

Walborn SP *et al.* (2002). Double slit quantum eraser. *Phys. Rev. A* 65(3):033818-25. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.65.033818>. S2CID55122015.

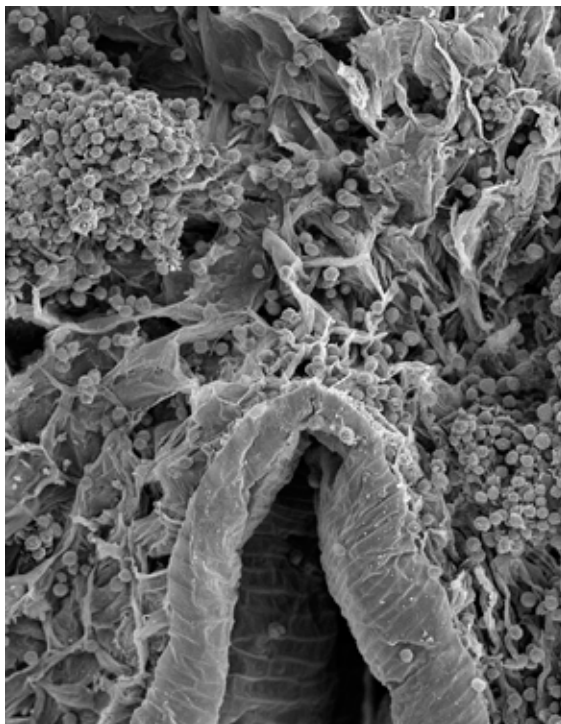
Wang M, Qu W, Li P, Bao H, Vuletic V and Xiao Y (2017). Two-axis-twisting spin squeezing by multi-pass quantum erasure. *Phys. Rev. A* 96:013823. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.96.013823>.

Fabiola García Gutiérrez
Tecnológico Nacional de México
Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca
fabiola_ingenf@hotmail.com

Francisco A Domínguez Serna
CICESE
Ensenada, Baja California, México
fadomin@cicese.edu.mx

Manuel Ávila Aoki
Centro Universitario
Universidad Autónoma del Estado de México
UAEM Valle de Chalco
manvilk@yahoo.com

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



Particularidades del libro de arte como género editorial y documento artístico

Jenny Teresita **Guerra González**

En el vasto ámbito editorial, el libro de arte es un género que requiere un proceso de edición y producción particular, a diferencia de lo que acontece con otros productos editoriales de ficción y no ficción como las novelas, los ensayos o los textos académico-científicos. A decir de Kathryn Brown, editora de “The Art Book Tradition in Twentieth-Century Europe”, el libro de arte promueve un conjunto de intercambios entre medios visuales y textuales que se materializan en el documento impreso a través de las guardas y el índice, secciones, imágenes, subtítulos y ensayos (2018). Aquel es un tipo de publicación con alta calidad gráfica –desde pruebas de color hasta opciones en papel, encuadernaciones en tela e impresión en foil¹–, que brinda otras experiencias sensoriales de lectura y tiene un alto costo de producción con relación al libro industrial tradicional que se fabrica masivamente en tapa blanda (Phillips y Bhaskar, 2019).

El valor de su soporte físico es tal que trabajos como el de McDermott y Dunigan (2013) han puesto de manifiesto la baja adopción de este género editorial en formato digital por parte de sus potenciales lectores, pero no así de su venta a través de canales electrónicos como las librerías en línea. Las innovaciones tecnológicas son limitadas en el diseño del libro de arte, ya que los actores de

ese ecosistema editorial, como el autor, el editor y el bibliotecario de adquisiciones, muestran reticencias a la digitalización de los títulos. Situación que no ocurre, por otra parte, con los catálogos de las exposiciones que han derivado en plataformas web con amplios servicios de información derivados.

La publicación de libros de arte atiende a un segmento de mercado compuesto esencialmente por académicos e interesados en el tema, coleccionistas y bibliotecarios. El sector es tan importante que cuenta con ferias especializadas en todo el mundo como las Ferias del Libro de Arte de Los Ángeles, Nueva York, Singapur y Melbourne, por mencionar algunas.

La Federación Internacional de Asociaciones e Instituciones Bibliotecarias tiene, a su vez, una sección de bibliotecas de arte que representa a las bibliotecas e instituciones vinculadas con este tipo de documentación textual y gráfica sobre artes plásticas, incluidas las bellas artes, las artes aplicadas, el diseño y la arquitectura (IFLA, 2019). Todo un ecosistema cultural e intelectual que ha crecido junto con el mercado internacional del arte en las últimas décadas.

Los libros de arte se conciben y ejecutan como proyectos editoriales² a medida en los que confluyen artistas, diseñadores, comisarios, curadores, editores, galerías, museos, bienales y otras instituciones culturales, tanto públicas como privadas. Su publicación implica tocar aspectos de la cultura visual y material que configuran estéticas, mecanismos de selección de información y políticas editoriales específicas.

Son instrumentos transmisores de contenidos editoriales relativos a la teoría, técnicas artísticas y modelos visuales asociados a la preservación y difusión del patrimonio artístico de personas, comunidades, movimientos, épocas, países o regiones (Soler i Fabregat, 2000).



Figura 1. Libro de arte Manuel Felguérez. *El futuro era nuestro* (México: Museo Amparo/Instituto de Investigaciones Estéticas/UNAM, 199 pp. 2020). <http://www.ebooks.esteticas.unam.mx/items/show/65>.

Los libros de arte han fungido como recursos didácticos y herramientas para la educación del gusto y el juicio estético, esto en un contexto en que el arte es parte de la cultura de masas (Groys, 2014). Contribuyen así a lo que la historiadora del arte Ann-Sophie Lehmann denomina “una alfabetización artística sobre el mundo del arte” (2016).

EL LIBRO DE ARTE

COMO EJEMPLO DE DOCUMENTO ARTÍSTICO

Los documentos artísticos, entre los cuales se encuentran los catálogos de exposiciones, los carteles, las postales, los folletos, los programas, la correspondencia, las revistas y, por supuesto, los libros de arte, dan cuenta de acontecimientos estéticos, monografías de artistas, exhibiciones, instalaciones o proyectos (Cendoya, en Crespo MacLennan, 2022). A decir de Borys Groys (2016, 199), la documentación artística alude al arte, pero no es arte.

Durante las últimas décadas, cada vez más exhibiciones e instituciones de arte incluyen, junto con



Figura 2. Libro de arte *Great Women Artists* que documenta la obra de más de 400 mujeres artistas de más de 50 países. Abarca 500 años de historia creativa femenina. <https://www.phaidon.com/store/art/great-women-artists-9780714878775/>.

las obras, su documentación: materiales informativos, interpretativos y de archivo para contextualizar, comprobar la autoría, dar crédito a las y los creadores, describir cómo se producen las obras, el papel de diferentes actores sociales en su financiamiento y circulación, etcétera. Todo ello mediado por actividades y protocolos de curaduría, visualización, análisis, escritura y lectura.

En ese orden de ideas, el libro de arte documenta una exposición, la obra de un artista o movimiento; cubre tanto procesos como productos. Es un documento al cumplir con las siguientes especificaciones, delineadas por el profesor y bibliotecario Michael Buckland (2007):

a) **Materialidad:** todos los documentos tienen manifestaciones físicas integradas por textos, imágenes, diagramas, dibujos, modelos explicativos y sonidos. Estas quedan plasmadas en medios físicos como el papel, la cinta magnética o en medios digitales (bits).

b) **Intencionalidad:** un documento es creado con el objetivo de proporcionar evidencia de algo, o bien, transmitir un mensaje.

c) **Codificación:** el documento ha de identificarse en el marco de un modelo documental o en relación con otros objetos entendidos de manera similar. Esto permite analizar y comprender los objetos que convencionalmente no se consideran documentos.

d) **Apariencia:** el objeto debe percibirse como un documento en el sentido de que está hecho para construir, transportar y ofrecer información particular de un modo específico en un contexto concreto.

Como documento artístico, el libro de arte permite observar, estudiar, leer, interpretar y comprender tanto las obras de arte como a los artistas, las distintas prácticas artísticas y los hechos artísticos. Posee así, un carácter semiótico o representacional que manifiesta discursos a partir de la transmisión de información especializada. Se ha de señalar que como registro documental el libro de arte condensa en su estructura cuatro dimensiones informativas: 1) la información intrínseca, que refiere a las propiedades físicas del “objeto libro”: de qué está hecho, su formato, contenido, público al que se dirige, etc.; 2) la información extrínseca determinada por factores culturales y sociales, como el contexto en el que se produjo el libro y cómo se creó o procesó la información; 3) la información constitutiva, relacionada con el estado psicológico (emociones y sentimientos) de la lectora o lector de la obra, y 4) la información privativa que proviene de las experiencias previas de la persona lectora (Kosciejew, 2018).

CONCLUSIONES

No obstante su presencia en el mercado editorial y la cultura globales, actualmente son escasas las investigaciones que se llevan a cabo en relación con el libro de arte. Distinto al libro ilustrado³ y al libro de artista,⁴ con los que se le suele confundir, este particular género editorial y de documentación artística es la razón de ser de más de 835 editoriales y departamentos, programas e iniciativas de publicaciones de museos, galerías y otras instituciones culturales o con vocación ligada al arte y la cultura, públicas y privadas en el mundo.⁵

Por mencionar un caso, The Hamburger Kunsthalle, uno de los museos de arte más grandes de Alemania, publicó de 2017 a 2022, más de 80 libros sobre el particular. Qué decir del enorme esfuerzo que en México ha emprendido –desde la década de 1970– Fomento Cultural Banamex, con la edición de libros de arte sobre pintura barroca, arquitectura, fotografía y arte popular, fundamentales para conocer, divulgar e investigar la historia del arte nacional, así como ampliar las prácticas de lectura y constituir acervos y colecciones especializadas.

NOTAS

¹ El foil es un proceso decorativo que se consigue al aplicar un papel metalizado por medio de una plancha especial a materiales como papel o cartón.

² Esto corrobora lo que afirma el teórico de la información Michael Buckland, quien dice que la mayoría de los documentos son producciones sociales, no el trabajo de individuos. Una amplia variedad de personas está involucrada de diferentes maneras. Enfatiza que los documentos comúnmente tienen una serie de vidas, con diferentes actores involucrados de distintas maneras en etapas sucesivas (Buckland, 2007).

³ El libro ilustrado es un tipo de libro en el que el texto se acompaña de ilustraciones que refieren a la historia o tema abordados, por lo que, dado su carácter ornamental, aquellas pueden ser prescindibles para la comprensión de la obra.

⁴ El libro de artista es una obra realizada en su totalidad o mayor parte por un artista plástico. Combina diferentes lenguajes de comunicación y técnicas de producción. Suele aparecer como pieza única o en tirajes muy cortos.

⁵ Según datos de la plataforma Publishers Global a mayo de 2023. <https://www.publishersglobal.com/directory/subject/art-publishers>.

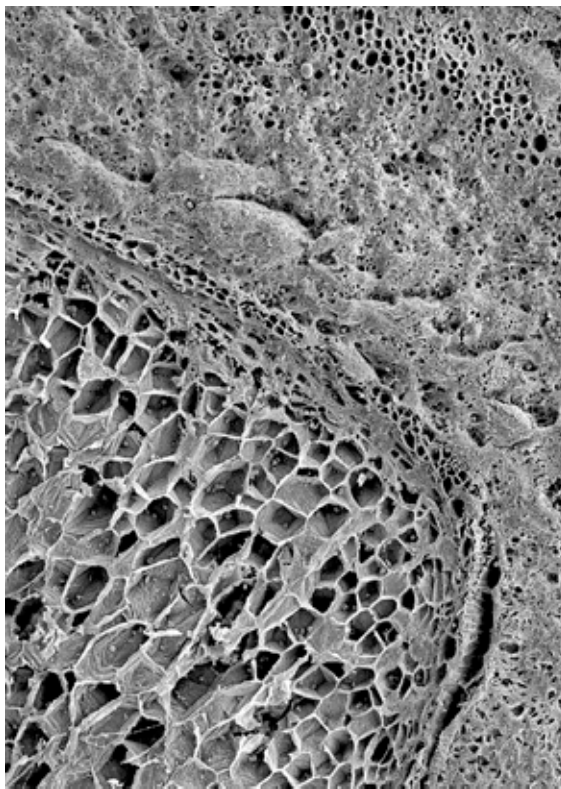
REFERENCIAS

Brown K editor (2018). *The Art Book Tradition in Twentieth-Century Europe*. New York: Routledge.

Buckland M (2007). Northern Light: Fresh Insights into Enduring Concerns in Skare, Lund and Varheim, 330.

Crespo MacIennan G (2022). El fotolibro, un bum que no cesa, Babelia, *El País*, 08 de junio. <https://elpais.com/babelia/2022-06-09/el-fotolibro-un-bum-que-no-cesa.html>.

Gorichanaz T and Latham K (2016). Document Phenomenology: A Framework for Holistic Analysis. *Journal of Documentation* 72:1117-18.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Groys B (2016). *Arte en flujo. Ensayos sobre la evanescencia del presente*, Buenos Aires: Caja Negra Editora.

Groys B (2014). *Volverse público. Las transformaciones del arte en el ágora contemporánea*. Buenos Aires: Caja Negra Editora.

Kosciejew M (2018). Documentation and the Information of Art. *Tate Papers* 29. <https://www.tate.org.uk/research/tate-papers/29/documentation-and-the-information-of-art>.

Lehmann A (2016). Cube of Wood. Material Literacy for Art History. Inaugural Lecture. University of Groningen, Groningen Netherlands. <http://www.rug.nl/news-and-events/events/inauguration/2016/0412-lehmann-blum?lang=en>.

McDermott I & Dunigan E (2013). Art Book Publishing: Past, Present, Future. *Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America* 32:239-252. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/673515>.

Phillips, A & Bhaskar M (2019). *The Oxford Handbook of Publishing*. Oxford: Oxford University Press.

Soler i Fabregat R (2000). *El libro de arte en España durante la edad moderna*. Gijón: Ediciones TREA.

Jenny Teresita Guerra González
Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información
Universidad Nacional Autónoma de México
jenny@iibi.unam.mx

Consideraciones de la red 5G con relación a la brecha digital

María S. Ruíz Palacios
Martín J. Martínez Silva

En México, como en otros países, las comunidades que habitan en zonas rurales de difícil acceso no cuentan con la infraestructura suficiente para comunicarse a través de medios electrónicos como la telefonía y el Internet, los cuales son comunes en zonas urbanas. Lo anterior debido a causas como la dispersión de la población, los fenómenos físicos que provocan el desvanecimiento de las señales de radio frecuencia y la falta de interés en la priorización de oferta de estos servicios por parte de los proveedores.

Por otra parte, aproximadamente cada diez años hay un cambio de paradigma en la industria de las telecomunicaciones; actualmente, el cambio se centra en el despliegue de la red 5G, que es la versión más reciente de la red de telefonía celular que incluye acceso telefónico para mantener conectividad en todo momento y en cualquier parte, además de un aumento en las velocidades de transmisión y comunicaciones masivas para el Internet de las cosas.

Con estas ventajas se espera ofrecer más y mejores servicios que tiendan a aumentar la calidad de vida de las personas mediante aplicaciones como la implementación de fábricas inteligentes, el control de drones, la conectividad en trenes de alta velocidad y la conectividad para automóviles autónomos, entre otros.

Sin embargo, ante una nueva innovación tecnológica, también hay un incremento en la brecha digital, es decir, aumenta la desigualdad en el acceso, uso e impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) entre diferentes grupos sociales, por lo que las políticas de regulación deben favorecer la oferta de servicios de comunicaciones para estos sectores de la población, además de ser claras y precisas, e incluso diferenciadas, según la localidad o región. Para corroborar esta tesis, en este trabajo se identifican aspectos que afectan la conectividad o acceso a Internet en regiones marginadas; luego, se exploran aspectos de la tecnología 5G para entender sus capacidades y limitaciones. Además, se presentan algunas propuestas que se han adoptado en otras partes del mundo para reducir la brecha digital y, finalmente, se hace una reflexión sobre la regulación como agente para solucionar la problemática.

REGIONES MARGINADAS DE CONECTIVIDAD

La conectividad es la capacidad de realizar conexiones. En el ámbito de las telecomunicaciones, a mayor capacidad de interconexión entre dispositivos, hay un mayor flujo de información, redes más robustas y una mayor cobertura.

La orografía de México consiste en numerosos valles y cadenas montañosas, muchas de las cuales constituyen obstáculos para la propagación de las señales. Por otra parte, en algunas zonas que se encuentran en los estados de Campeche, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Sonora, Tabasco y Zacatecas, el problema se agrava pues el terreno es aún más accidentado, además de que, según la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021), los asentamientos humanos son dispersos. Estos factores inhiben la colocación de infraestructura tecnológica en estas zonas por falta de rentabilidad, por lo que las causas de la poca conectividad en regiones marginadas son las condiciones socioeconómicas, demográficas y geográficas que dificultan

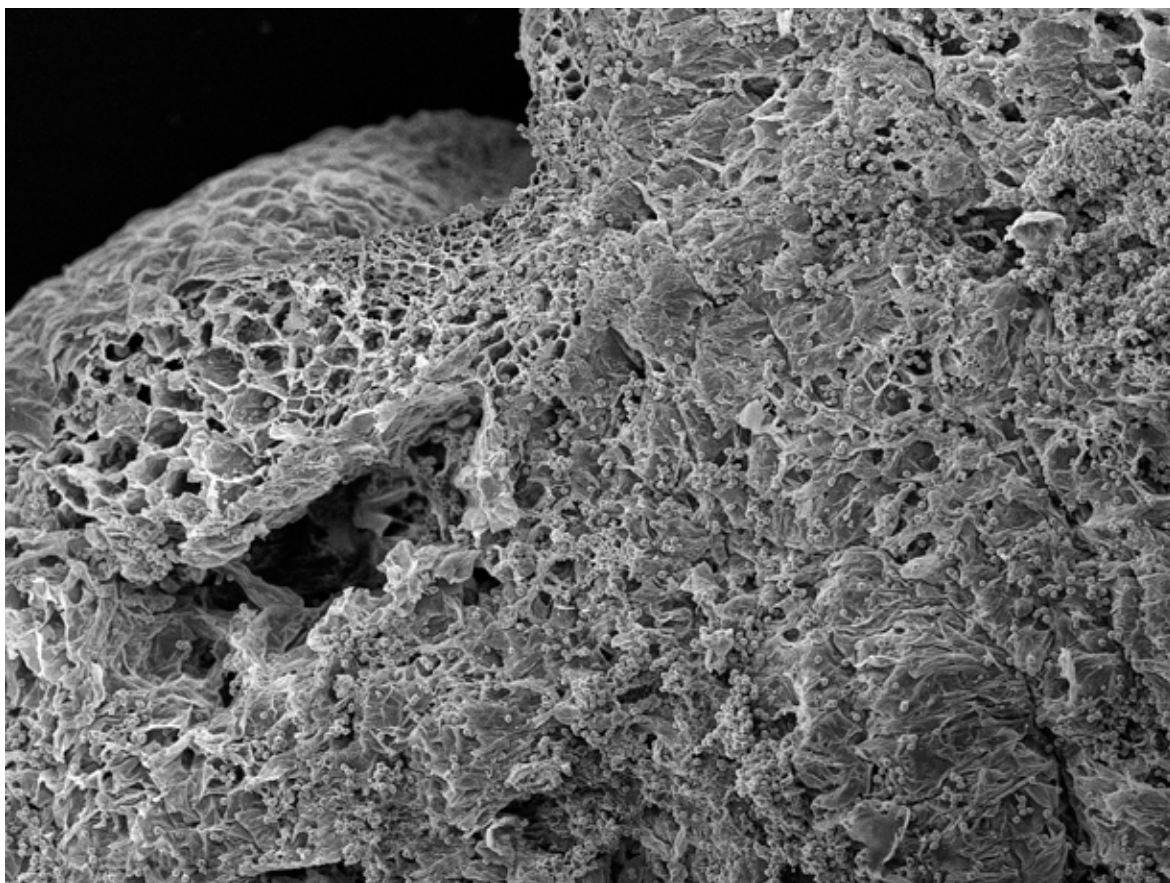
el despliegue de infraestructura de operadores de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión (Quintanar, 2022). En otras palabras, la cobertura de la telefonía móvil en el territorio mexicano está garantizada en sitios geográficos de fácil acceso y con suficientes pobladores, es decir, las ciudades y comunidades ubicadas cerca de carreteras y autopistas, ya que en estos sitios la oferta del servicio es rentable.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED 5G

Una de las características más importantes de la red 5G es el incremento de la velocidad de transmisión de datos; se pretende que sea de 100 millones de bits por segundo, y para algunas aplicaciones, además, se requiere de un retardo máximo de 1 ms (Osseiran, 2016). Dado que la capacidad de rendimiento real para los usuarios finales de redes inalámbricas a menudo es solo el 15 por ciento de la tasa de conexión de datos que los proveedores promueven (Stadt, 2017), se requiere que los dispositivos y demás elementos presentes en la red se administren para favorecer el aumento de la tasa de datos. Esto se logra por medio de tres métodos:

1. Aumentando la potencia de transmisión (o reduciendo el ruido eléctrico).
2. Reduciendo el número de usuarios (personas con un móvil) mediante la reducción del espacio geográfico de radiación de una antena (tamaño de la celda).
3. Añadiendo espectro (se emplean más bandas de frecuencia para su explotación).

El aumento de potencia en la transmisión está limitado debido a las normas establecidas para evitar daños a la salud, porque cuando un ser humano está expuesto a ondas electromagnéticas de suficiente intensidad durante períodos prolongados, su salud puede resultar afectada. Un ejemplo de estas normas es el estándar IEEE C95.1, en el cual se describen los límites seguros para exposición humana a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (Bayley *et al.*, 2019). Por ello, los proveedores de estos servicios realizan acciones para la implementación de estaciones base seguras, además de que



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

los diseñadores de equipos y dispositivos cumplen requerimientos establecidos en las normas, lo que les permite comercializar sus productos.

El número de usuarios atendidos por un proveedor está limitado por el espectro que dispone para su explotación; por ejemplo, un proveedor que cuenta con una banda de 50 MHz para su explotación solo puede atender 250 usuarios simultáneamente, por esta razón se dispone de celdas para hacer reuso de la frecuencia. Esto implica que se requiere de una mayor cantidad de estaciones base separadas por distancias más pequeñas, lo que provoca una mayor interferencia entre los nodos vecinos, que puede reducirse bajando los niveles de potencia de los transmisores o colocando las antenas con elevaciones y con vista hacia el terreno, lo que implica que el área de cobertura de cada celda se reduzca.

Se han definido tres bandas de frecuencia para la operación de la red 5G, estas bandas son 700 MHz, 3.4 a 3.8 GHz y 28 GHz. Cabe aclarar que mientras

más alta es la frecuencia de la señal, esta se debilita en forma más rápida, por lo que la cobertura de las celdas en la banda superior es menor a 300 metros. Por otro lado, la mejora en la banda de 3.4 a 3.8 GHz se logra aumentando el ancho de banda, además de utilizar un sistema de múltiple entrada y salida (MIMO) que permite mejorar las capacidades de cobertura de las microceldas.

Lo descrito hasta este punto opera adecuadamente en entornos urbanos; para adaptarlo al ámbito rural y en particular a zonas marginadas de estos servicios, es necesario responder las siguientes preguntas: ¿cuáles son los puntos más cercanos de conexión a la red celular?, ¿dónde colocar las estaciones base en las zonas de difícil acceso para conectar estas regiones a la red 5G?, ¿cuáles servicios o aplicaciones son prioritarios para fomentar un desarrollo en estas comunidades?

y ¿cuáles modelos de propagación de señal se deben emplear en estas regiones?

ALGUNAS SOLUCIONES

EN DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO

Desde hace décadas se han propuesto diferentes soluciones al problema de conectividad en regiones de difícil acceso; más aún, se han propuesto diferentes alternativas solo para proveer de energía eléctrica. Por ejemplo, en la década pasada, algunos de los esfuerzos se centraron en considerar el uso de vehículos aéreos no tripulados para generar condiciones de conectividad en regiones rurales (Chiaraviglio, 2016), pues con los avances tecnológicos las bases de radio pueden colocarse sobre estos vehículos y ubicarse donde se requieran, lo cual en algunos casos sigue siendo costoso. Por otra parte, también se ha considerado dotar de acceso mediante la red terrestre y el uso de satélites (Kumar *et al.*, 2020).

En el sur de Finlandia se han realizado experimentos en la banda de 26 GHz considerando la colocación de antenas a diferentes alturas (30, 50 y 70 metros) para evaluar la cobertura en comunidades rurales (Saba, 2021). Los resultados sugieren que la elevación de la antena puede cubrir mayor superficie en la región; sin embargo, no garantiza que los niveles de potencia sean los adecuados para mantener el enlace, por lo que una solución es dotar de conectividad a estas regiones mediante un acceso fijo inalámbrico. Por ejemplo, mediante la tecnología TV White Space (TVWS) y ondas milimétricas.

Hay, pues, diferentes propuestas tecnológicas para mejorar la conectividad en zonas de difícil acceso, sin embargo, no hay criterios uniformes para determinar la mejor solución, o dicho de otra forma, no hay una solución única para llevar los servicios de telecomunicaciones a zonas marginadas, ya que todo depende de las condiciones geográficas del lugar, de la configuración de los asentamientos humanos en la zona, de la dificultad para colocar antenas o cableado, y del uso del espectro radioeléctrico, entre otros.

DISCUSIÓN

La neutralidad de la red implica redes abiertas y seguras, la no discriminación de acceso a Internet o diferenciación en el tráfico de Internet. Es decir, hay un tratamiento igual para todos los flujos de información, contenidos, servicios y aplicaciones (Ianni *et al.*, 2022); sin embargo, la red 5G proveerá de soluciones en función de las necesidades del usuario, es decir, plantea la diferenciación de tráfico en contraste con lo que se ha definido como neutralidad de la red. Por ello, los esquemas de regulación deben considerar los diferentes aspectos legales, técnicos, económicos y sociales (Alén-Savikko, 2019).

La regulación es el fundamento legal que permitirá el desarrollo equitativo en todas las dimensiones. Algunos esquemas para la regulación son:

- a) Licencia o concesión del uso del espectro para operar exclusivamente en zonas rurales.
- b) Operador comunitario.
- c) Operador estatal.
- d) Establecer obligaciones a los proveedores para proporcionar cobertura social.
- e) Descuento o tarifas especiales en la oferta de servicios de telecomunicación a grupos marginados.
- f) Asignación directa del uso del espectro para fines sociales, por ejemplo, en aplicaciones de cultivo inteligente, telemedicina y otros.
- g) Hacer uso secundario del espectro, por ejemplo, cuando se otorgan concesiones a empresas privadas (mineras) se favorezca, de ser posible, el reuso del espectro para satisfacer necesidades específicas de comunidades que estén asentadas en regiones cercanas a estas empresas.
- h) Proveer de subsidio a operadores para que provean de servicio a zonas marginadas.
- i) Proporcionar apoyo a comunidades marginadas para generar su infraestructura

Por otra parte, es necesario realizar un análisis de costo-beneficio para determinar cuál es la tecnología que mejor se adapta a regiones específicas que carecen de conectividad, así como establecer criterios prioritarios en la oferta de servicios para reducir la brecha digital y promover el desarrollo tecnológico con la intención de reducir el costo de equipos.

Se han realizado esfuerzos para desarrollar diversas tecnologías para diferentes escenarios geográficos, sin embargo, el costo sigue siendo elevado, además de que hay otras capas en la red que deben ser compatibles con la infraestructura existente.

Aun cuando se han expuesto diferentes modelos de negocio, no se puede generalizar que sean exitosos en todas las regiones del país.

Por consiguiente, la regulación es un elemento clave para asegurar que los diferentes proveedores de servicios y usuarios (incluyendo las comunidades marginadas de estos servicios) obtengan beneficios a favor del desarrollo de las comunidades y de la sociedad en general. Sin embargo, la regulación no debe implicar establecer reglas generales, por el contrario, es necesario que se realicen análisis para cada región del país y valorar cuál es la tecnología adecuada para cada lugar, qué proveedor puede proporcionar estos servicios y qué beneficios se tendrán, pues como se ha descrito, proveer servicios en estas regiones no es rentable para muchas de las compañías, pero hay usuarios (por ejemplo, empresas mineras) que tienen o pueden colocar infraestructura y facilitar la conectividad a las comunidades asentadas en estas regiones.

Reducir la brecha digital en México es un problema que se puede resolver con la voluntad de diferentes sectores. No se pueden generalizar las condiciones de cada zona geográfica y, en consecuencia, la regulación es clave para solucionar esta problemática.

CONCLUSIONES

Con las características de la red 5G se pueden ofrecer diferentes servicios, muchos de ellos encaminados a mejorar la calidad de vida en las zonas urbanas, lo cual tiende a aumentar la brecha digital existente en nuestro país. Si esta brecha se reduce, podría traer grandes beneficios, como el denominado cultivo inteligente, que podría garantizar un uso eficiente del agua.

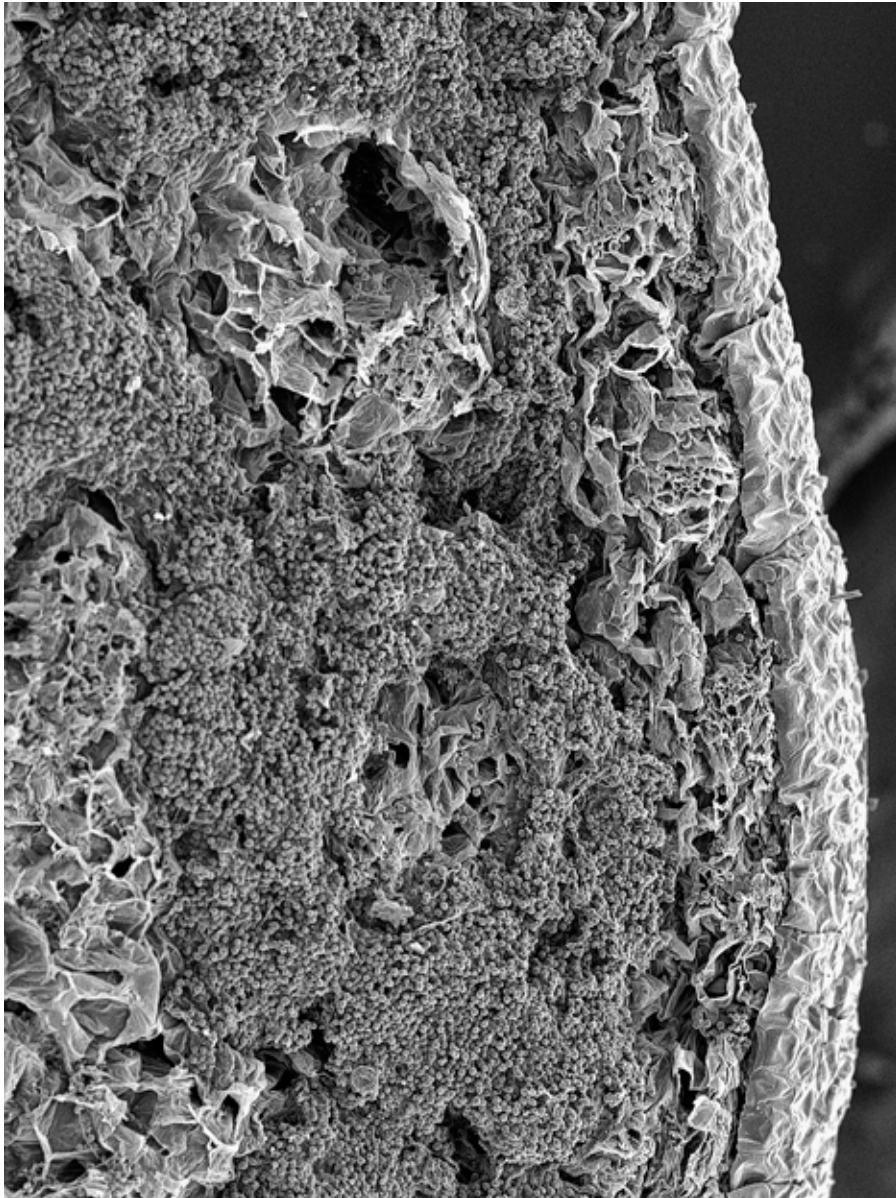
Para disminuir la brecha digital se requiere de estrategias que permitan contar con nodos de conectividad en las zonas marginadas.

El tipo de conexión debe ser diferente para cada zona, según el territorio y los servicios prioritarios para la comunidad; para ello se requiere de políticas regulatorias que atiendan las necesidades de cada región. Solo con la participación de proveedores de servicios e instituciones gubernamentales es posible la reducción de esta brecha.

REFERENCIAS

- Alén-Savikko A (2019). Network neutrality in the era of 5G—a matter of faith, hope, and design? *Information & Communications Technology Law* 28:115-130.
- Bailey WH, Bodemann R, Bushberg J, Chou CK *et al.* (2019). Synopsis of IEEE Std C95. 1™-2019 “IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz”. *IEEE Access* 7: 171346-171356.
- Chiaraviglio Chiaraviglio L, Blefari-Melazzi N, Liu W *et al.* (2016). 5G in rural and low-income areas: Are we ready? In *2016 ITU Kaleidoscope: ICTs for a Sustainable World (ITU WT)* (pp. 1-8).
- INEGI (2021). *Subsistema de información Demográfica y Social*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#-Microdatos>.
- Ianni G, Capineri F, Vanni P *et al.*, (2022). 5G Technology: New Challenges for Law Enforcement Agencies to Face. *Eur. L. Enf't Rsch. Bull.* 22(157):1-15.
- Kumar SKA, Stewart R, Crawford D and Chaudhari S (2020). Business model for rural connectivity using multi-tenancy 5G network slicing. In *International Conference on Smart Communities: Improving Quality of Life Using ICT, IoT and AI* (pp.182-188). IEEE.
- Osseiran AM (2016). *5G mobile and wireless communications technology*. Londres, Inglaterra: Cambridge University Press.
- Saba NM (2021). Rural Macrocell Path Loss Measurements for 5G Fixed Wireless Access at 26 GHz. *5G World Forum (5gWF)* (pp. 328-333). IEEE.
- Koike Quintanar SA (2022). *Análisis de las iniciativas públicas y privadas para proveer servicios de telecomunicaciones y radiodifusión en zonas rurales y/o marginadas*. Instituto Federal de Telecomunicaciones, Centro de Estudios del IFT, México.
- Stadt LT (2017). 5G In not the answer for Rural Broadband. *Broadband Communities* 38:24-30

María S. Ruíz Palacios
Martín J. Martínez Silva
Departamento de Electrofotónica, CUCEI
Universidad de Guadalajara
maria.rpalacios@academicos.udg.mx



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huilacoche (*Mycosarcoma maydis*).

Teledetección y automatización en la agricultura del futuro

Juan Luis **Jacobo Cuéllar**
Heriberto **Guevara Rojo**
Óscar **Cruz Álvarez**

La agricultura es una actividad primaria que en la actualidad enfrenta desafíos importantes ante el crecimiento demográfico y la necesidad de incrementar la productividad para abastecer la demanda global de alimentos.

Existe la necesidad de incrementar la producción de los cultivos de manera sostenible, este desafío se puede lograr mediante el uso de diversas herramientas tecnológicas que incluyen la automatización de algoritmos en conjunto con sensores remotos, que pueden aportar datos relevantes para mejorar la planeación y toma de decisiones.

Además, la detección de cultivos permite realizar un monitoreo de la extensión agrícola y su evaluación, la gestión de los recursos, la detección de cambios de uso de suelo, la evaluación de riesgos agrícolas, entre otros. Gracias al desarrollo de las tecnologías para el monitoreo de cultivos mediante sensores remotos se ha logrado cambiar de modo significativo la manera en que se obtienen los datos.

Estas tecnologías combinan el uso de sensores remotos, imágenes satelitales, índices espectrales y análisis de datos que proporcionan toda la información de manera detallada sobre el estado de los cultivos.

LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA TELEDETECCIÓN EN LA AGRICULTURA

La teledetección es la capacidad de obtener, a través de los sensores, información de un objeto o superficie sin estar en contacto directo con él, los sensores adquieren datos de la superficie terrestre, los cuales se procesan e interpretan generando información sobre sus características. Principalmente se basa en las propiedades del espectro electromagnético y la manera en que interactúa con los objetos o superficies en la Tierra.

El inicio y evolución de la teledetección proviene de dos grandes etapas, durante el siglo XX, previo a la década de 1960 había disponibilidad de fotografías aéreas como único recurso disponible para la observación de la superficie terrestre. Posteriormente, el lanzamiento de un satélite artificial por parte de la URSS y con los programas espaciales Mercury de los EE. UU. se obtuvieron las primeras imágenes de la superficie terrestre, asignando como tareas secundarias las capturas fotográficas. No obstante, el programa estadounidense TIROS-1 (Television Infrared Observation Satellite) se considera como el satélite que obtuvo las primeras imágenes para determinar patrones meteorológicos al integrar equipos especializados para la captura de la superficie, durante su periodo de funcionamiento logró tomar más de 22,000 fotografías.

En la Primera Guerra Mundial se implementó el uso de las imágenes aéreas como método de espionaje o reconocimiento de las zonas de batalla (Campbell y Wynne, 2011), posteriormente se comenzaron a utilizar para diferentes aplicaciones, incluyendo la geología, agricultura y cartografía. Para el periodo de la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron dispositivos infrarrojos que no tuvieron éxito para la obtención de imágenes, estos dispositivos dieron pie al desarrollo de los distintos tipos de escáner ópticos, radiómetros y espectrómetros que se conocen en la actualidad.

Posteriormente, se establecieron planes para el monitoreo de la superficie terrestre como los

programas Earth Resources Technology Satellite (ERTS-1), conocido como Landsat-1 en la actualidad. Durante la década de 1970 este programa lanzó una serie de satélites LANDSAT (Landsat-1, Landsat-2 y Landsat-3).

En la actualidad se continúan colocando en órbita satélites de la misma serie, agregando instrumentos y sensores con grandes avances tecnológicos que tienen la finalidad del monitoreo de los recursos disponibles en la superficie terrestre. Además, mediante un esfuerzo mundial trabajan en conjunto en programas para colocar satélites en órbita (Sentinel, ASTER, SPOT, NOAA), creados con propósitos específicos (monitoreo de vegetación, detección de cambios en la superficie terrestre, recolectar datos meteorológicos, entre otros).

Existen dos tipos de sensores remotos (SR) (pasivos y activos) para el monitoreo de la superficie terrestre. Los SR pasivos son los que absorben la energía electromagnética que proviene de la luz emitida por el Sol. Su principal desventaja es que requieren luz solar para realizar las tareas y la cobertura de nubes, lo que complica obtener imágenes de calidad aceptable.

Por otro lado, los SR activos no dependen de la energía solar para cumplir con su objetivo, debido a que generan su propia energía. Utilizan microondas para transmitir energía al objeto de estudio, posteriormente ocurre el efecto de retrodispersión que finaliza el proceso al capturar la información emitida por dicho objeto. Sin embargo, estas imágenes suelen ser costosas. Además, es necesario contar con equipo especializado para su procesamiento y análisis (Di Bella *et al.*, 2008).

Estos tipos de sensores proporcionan imágenes que cuentan con distintos tipos de resoluciones que son indispensables para conocer las características de los SR y sus potenciales usos. La resolución de las imágenes se define como espacial, temporal, espectral y radiométrica. Explicado de manera general, la resolución espacial se refiere al tamaño del píxel, la resolución temporal de un SR es la frecuencia con la que puede capturar imágenes de un mismo objeto o superficie, la resolución espectral indica el número de bandas y el ancho de banda

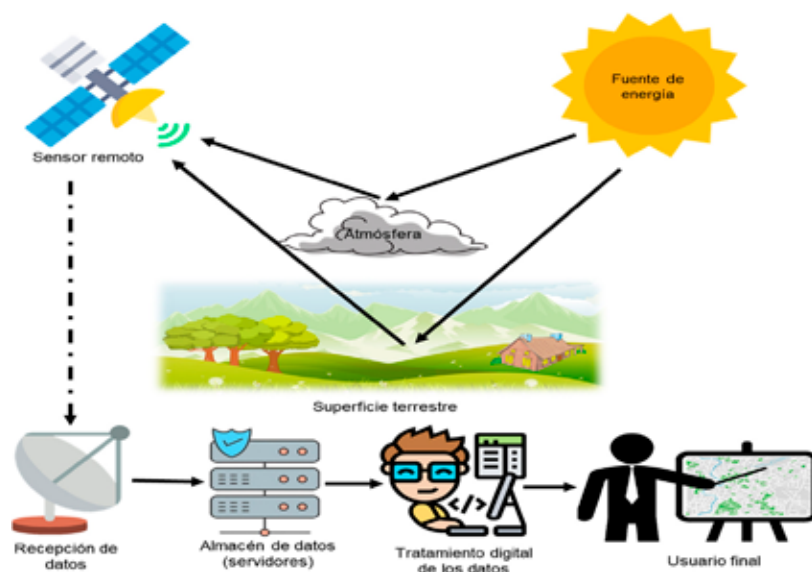


Figura 1. Representación esquemática de un sistema de teledetección. Imagen: Heriberto Guevara Rojo.

En la actualidad existen diferentes herramientas aplicadas al monitoreo y estudio de la actividad agrícola como los VANT (vehículo aéreo no tripulado). Sin embargo, se considera que para el estudio de grandes extensiones es recomendable utilizar los sensores remotos, debido a que las imágenes generadas por los VANT requieren equipos con gran capacidad de procesamiento y almacenamiento y software avanzado para procesar los datos que se generan. Además, es necesario contar con personal

que posee el instrumento y la resolución radiométrica es la cantidad de niveles de grises que puede ser almacenado en las bandas del instrumento del SR (Campbell y Wynne, 2011). Los píxeles son las unidades mínimas que sirven para conformar una imagen, las imágenes que proporcionan los SR están formadas por miles o millones de estas unidades. Las imágenes de satélite poseen diferente resolución espacial que van entre los 30 metros y los 2.5 metros por cada píxel.

Como ejemplo, un tipo de SR pasivo es el satélite Landsat 8, puesto en órbita el 11 de febrero de 2013, que se utiliza principalmente para el monitoreo de la superficie terrestre. Cuenta con instrumentos que permiten obtener imágenes espaciales de media-alta calidad, está equipado con un radiómetro OLI (Operation Land Imager) capaz de mejorar la precisión cartográfica. Además, está integrado por un radiómetro infrarrojo TIRS (Thermal Infrared Sensor) que permite incrementar la capacidad para detectar características de temperatura superficial, análisis de transferencia de calor y humedad en agricultura, entre otras. Su órbita está cercana a los polos a una altitud de 705 km. La resolución espacial fluctúa entre 15 y 100 metros (sin remuestreo), así como una resolución radiométrica de 12 bits (Ihlen y Zanter, 2019).

técnico especializado, una inversión inicial elevada por el costo de los equipos y licencias para realizar ciertas actividades como son el vuelo y procesamiento. Por lo tanto, se dificulta completar tareas con los equipos VANT.

A pesar de ello, son herramientas con alta eficiencia para realizar estudios de agricultura de precisión (Ojeda-Bustamante *et al.*, 2017).

Por otro lado, se encuentran los SR de alta resolución como QuickBird, IKONOS, WorldView, entre otros. QuickBird fue lanzado el 18 de octubre del 2001. Orbita a una altitud de 600 km. Proporciona imágenes de alta resolución con datos pancromáticos de 61 centímetros y multiespectrales de 2.4 metros (Emery y Camps, 2017).

En el sector de la agricultura existe una gran cantidad de variables o indicadores que se derivan de la información proporcionada por los SR que son utilizados para analizar y comprender el estado de la vegetación, incluyendo las etapas fenológicas, humedad del suelo, temperatura superficial, estrés hídrico, disponibilidad de nutrientes y detección temprana de plagas, entre otras. Para los agricultores, investigadores, técnicos de campo y otros profesionales es de gran importancia contar con

este tipo de datos para gestionar e implementar prácticas sostenibles en el manejo de los recursos naturales (acuíferos, cuerpos de agua y suelos, entre otros) para incrementar la productividad de los cultivos.

Existen diferentes tipos de aplicaciones informáticas orientadas a la agricultura que son generadas mediante la combinación de las variables agrícolas, los SR y las firmas e índices espectrales. Por lo general, son de gran utilidad para la identificación de cultivos y la estimación de coberturas, evapotranspiración, área foliar, productividad estimada, entre muchas otras (Guzmán-Álvarez *et al.*, 2022).

El uso de índices espectrales permite analizar y caracterizar la información espectral que se obtiene por cualquier tipo de SR que tenga la capacidad de emitir y capturar la energía reflejada. Estos se pueden obtener al combinar las bandas o los valores que se almacenan previamente dentro del espectro electromagnético (gama de colores visibles e invisibles que los sensores utilizan para capturar información de la Tierra desde el espacio), es decir, se realiza la combinación de los valores de reflectancia o radiancia de las bandas. Cada índice arroja información diferente y muestra características específicas de los objetos en la superficie terrestre (Paz-Pellat *et al.*, 2014).

Con respecto a la agricultura, en la actualidad se tienen una gran cantidad de aplicaciones que han servido para mejorar las prácticas agrícolas a nivel mundial.

Sin duda es un sector que cada día se adapta mejor al campo y resulta ser una herramienta indispensable para garantizar la productividad y eficiencia en el uso y control de los recursos no renovables disponibles. Además, estas herramientas han servido para incrementar las utilidades con respecto al gasto que implica el uso de agroquímicos (pesticidas, fertilizantes, entre otros) al lograr identificar y localizar de manera efectiva las zonas con deficiencias.

En resumen, los SR garantizan a los productores mejor calidad en sus cosechas y prácticas

de manejo sostenible para el medio ambiente, incluyendo el monitoreo de la vegetación, gestión de usos de suelo y recursos hídricos, entre otros.

En países como Estados Unidos o Chile muchas de las aplicaciones son desarrolladas por el sector privado e implican un costo adicional para el agricultor.

En México, ante la falta de cartografía detallada y bases de datos de parcelas agrícolas, el uso de estas tecnologías es limitada.

Por lo tanto, es necesario promover la disponibilidad de información actualizada y garantizar su acceso público, para ello se requiere de un gran esfuerzo y trabajo conjunto entre las dependencias encargadas del sector agrícola (SADER e INEGI) y los productores.

USO DE PLATAFORMAS PARA EL MONITOREO AGRÍCOLA

Los algoritmos de programación son una lista de pasos claros y ordenados para resolver un problema específico. En la actualidad se emplean en las ciencias de información geográfica como la geoinformática, debido a que permiten al usuario realizar distintos tipos de operaciones, de manera repetitiva, en distintas áreas del conocimiento.

Estos algoritmos aportan distintas soluciones como la automatización de geoprocesos complejos, análisis de datos geoespaciales y generación de modelos geográficos, entre otros. Además, pueden favorecer un incremento en el rendimiento y productividad general al mejorar la precisión en los análisis de grandes cantidades de datos, entre otras características (Buzai, 2012).

Existen diferentes plataformas para realizar el monitoreo agrícola, entre ellas, se encuentra Google Earth Engine (GEE), una plataforma que se ha generalizado debido a que aporta un entorno interactivo que permite desarrollar aplicaciones relacionadas con el análisis de datos geoespaciales. Además, cuenta con una extensa biblioteca de funciones que permite al usuario analizar, visualizar y proyectar los datos.

Como parte del entorno de esta plataforma de GEE, JavaScript es un lenguaje de programación

```

//58===== Leaf Chlorophyll index - LCI
var lci = median.expression ('((B8-B5)/(B8+B4))',{ 'B4':B4, 'B8':B8, 'B5':B5});
//Map.addLayer(lci,{min:-0.1699, max:0.7685, "palette":paleta_indices},"lci",false);
//59===== Leaf water content index - LWCI
var lwci = median.expression ('log(1-(B8-B5))/-log(1-(B8-B5))',{ 'B8':B8, 'B5':B5});
//Map.addLayer(lwci,{min:-0.0033, max:0.9078, "palette":paleta_indices},"lwci",false);
//60===== Log ratio - LOGR
var logr = median.expression ('log(B8/B4')',{ 'B8':B8, 'B4':B4});
//Map.addLayer(logr,{min:-0.1639, max:2.5482, "palette":paleta_indices},"logr",false);

```

Figura 2. Líneas de código JavaScript para índices de vegetación en GEE. Imagen: Heriberto Guevara Rojo.

que utiliza distintos tipos de datos básicos como las cadenas, números, listas, objetos y funciones. Además, está integrada por una biblioteca de funciones preestablecidas, lo que permite agregar comandos o líneas de código de manera fácil y sencilla. Aunque estas funciones no tienen la posibilidad de ser editadas para enfocarse en necesidades muy específicas y se tiene que optar por otras metodologías para realizar la misma operación.

Por otro lado, GEE permite el uso del lenguaje de Python, pero es aún más limitado que JavaScript, debido a que no cuenta con ayuda para las bibliotecas de funciones, tutoriales o documentos establecidos por parte de Google (Google, 2021).

En la ventana de editor de GEE (Code Editor) se pueden localizar distintas ventanas en donde visualizar los códigos que los usuarios suben a la nube (Scripts), la documentación de las funciones preestablecidas (Docs), el acceso a archivos subidos a la nube (Assets), una pestaña para obtener los valores proyectados en la ventana de mapas (Inspector) y la información de los metadatos de las imágenes.

Uno de los grandes beneficios que aportan este tipo de plataformas es el uso de datos en la nube, ello permite realizar análisis de datos de manera masiva; la gran mayoría de imágenes de satélite se encuentra accesible en la plataforma y con procesamiento de corrección atmosférica, radiométrica, entre otros, no se requiere una computadora de gran capacidad, ya que los geoprocesos se realizan en la propia nube (Perilla y Jean-François, 2020).

Como se ha mencionado, es una plataforma con deficiencias en cuanto al acceso y desarrollo de funciones, sin embargo, es un proyecto en constante actualización y desarrollo, por lo que es necesario

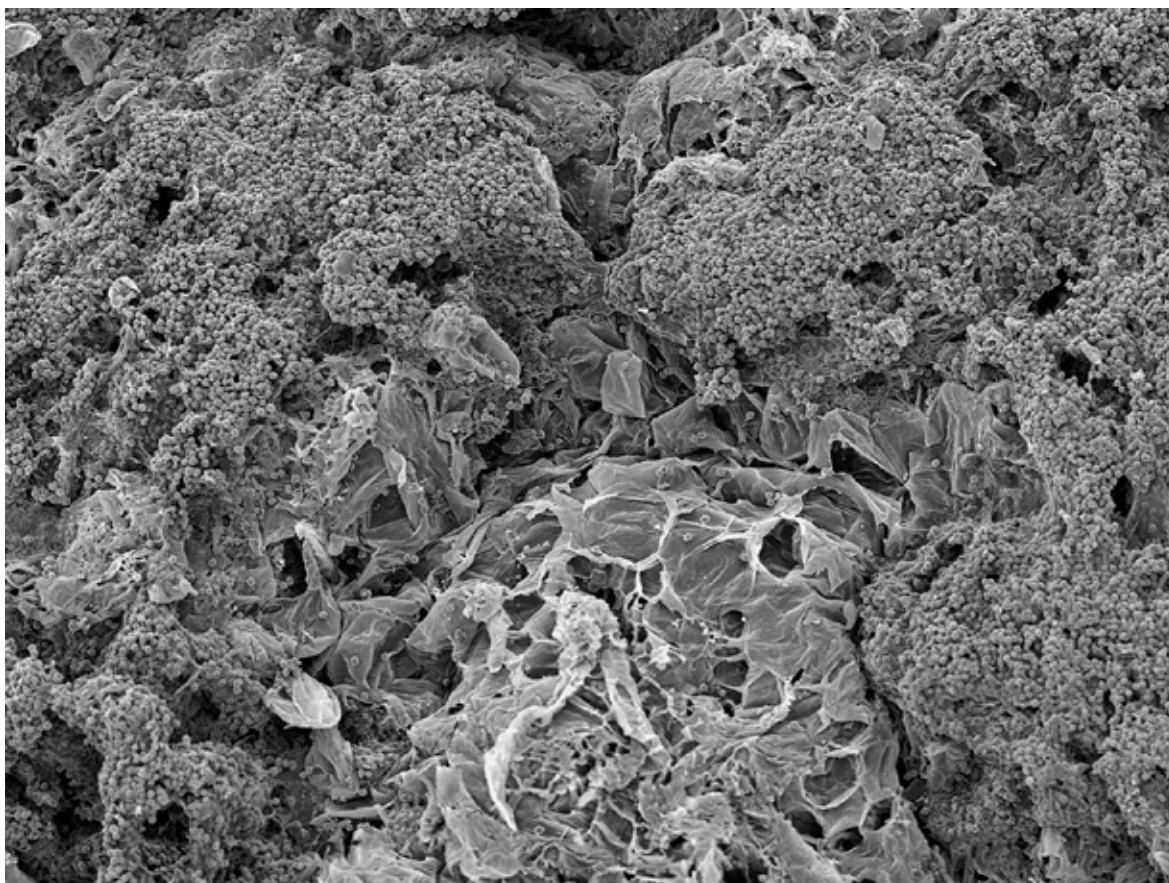
considerar estas limitaciones antes de seleccionar la plataforma para realizar un proyecto o, en su defecto, tomar en cuenta que es necesario complementarlas con otras plataformas especializadas.

Contar con una plataforma como GEE en la que se puede integrar el geoprocesamiento y la automatización de los procesos es una gran ventaja cuando es necesario realizar operaciones de manera repetitiva o trabajar con grandes extensiones de territorio. Además, permite trabajar desde la nube, tiene una interfaz dinámica y práctica para el usuario y una capacidad enorme para realizar operaciones computacionales.

CONCLUSIÓN

El uso de herramientas como las imágenes de satélite y los algoritmos de programación en el sector de la agricultura, conlleva ventajas para llevar a cabo tareas, que para los técnicos requieren grandes esfuerzos para estudiar coberturas de vegetación o detectar anomalías y deficiencias a nivel de parcela.

Por lo tanto, es importante sumar esfuerzos para que estas acciones puedan realizarse de manera conjunta, tomando en cuenta a los técnicos especializados en la materia de información geográfica o la capacitación profesional del personal encargado de las actividades agrícolas (técnicos y productores), para que cuenten con la habilidad de determinar y mejorar sus tareas de manejo agro-nómico, necesarias para un plan de desarrollo sostenible en el manejo y aprovechamiento de los recursos.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

REFERENCIAS

- Buzai GD (2012). Geografía y sistemas de información geográfica evolución teórico metodológica hacia campos emergentes. *Revista Geográfica de América Central* 2(48E):15-67.
- Campbell JB and Wynne RH (2011). *Introduction to remote sensing*. Guilford Press.
- Di Bella CM, Posse G, Beget ME, Fischer MA, Mari N y Veron S (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas* 17(3):39-52.
- Emery W and Camps A (2017). *Introduction to satellite remote sensing: atmosphere, ocean, land and cryosphere applications*. Elsevier.
- Guzmán-Álvarez JA, González-Zúñiga M, Fernández JAS y Calvo-Alvarado JC (2022). Uso de sensores remotos en la agricultura: aplicaciones en el cultivo del banano. *Agronomía Mesoamericana* 33(3):48279.
- Ihlen V and Zanter K (2019). *Landsat 8 (L8) data users handbook*. US Geological Survey.
- Ojeda-Bustamante W, González-Sánchez A, Mauricio-Pérez A y Flores-Velázquez J (2017). Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola. *Tecnología y Ciencias del Agua* 8(4):157-166.
- Paz-Pellat F, Romero-Sánchez ME, Palacios-Vélez E, Bolaños-González M, Valdez-Lazalde JR y Aldrete A (2014). Alcances y limitaciones de los índices espectrales de la vegetación: marco teórico. *Terra Latinoamericana* 32(3):177-194.
- Perilla GA y Mas JF (2020). Google Earth Engine (GEE): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube. *Investigaciones Geográficas* (101). <https://doi.org/10.14350/rig.59929>.

Juan Luis Jacobo Cuéllar
Heriberto Guevara Rojo
Óscar Cruz Álvarez
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
Universidad Autónoma de Chihuahua
mineraster@outlook.es
ocruz@uach.mx

La polinización, los polinizadores, y su importancia en los ecosistemas

Dulce María Figuroa Castro

El consumo de frutas (melón, manzana, naranja, por mencionar algunos), semillas (nuez, girasol) o productos como el café o el chile en nuestra vida diaria es común. Pero, ¿alguna vez te has detenido a pensar de dónde vienen esos alimentos? Muchos de los productos que consumimos diariamente son el resultado de la acción de distintos grupos de animales que llevan a cabo la polinización de las plantas. De hecho, más del 75 % de las frutas y vegetales que consumimos son polinizados por animales (FAO, 2018).

Recientemente, los términos polinización y polinizador se han vuelto comunes en los distintos medios de comunicación. Sin embargo, ¿entendemos a qué se refiere cada uno de esos términos? ¿qué es la polinización? ¿qué es un polinizador? A continuación, definiré esos conceptos y explicaré la importancia que tienen en nuestra vida diaria, incluso más allá de los productos que forman parte de nuestra dieta.

POLINIZACIÓN

Las flores de las plantas cuentan con partes sexuales femeninas (pistilo) y masculinas (estambres). En estas últimas se forman los granos de polen (pequeñas estructuras que suelen causar alergias al inicio de la primavera), los cuales deben ser transportados hasta la parte femenina de esa u

otra flor de la misma especie. Este movimiento del polen desde la estructura masculina a la femenina es lo que conocemos como polinización, y constituye el primer paso en la reproducción sexual de las plantas. Una vez que la polinización se ha completado, ocurren diversos procesos de reconocimiento bioquímico en la estructura femenina que, de ser exitosos, culminarán en la fecundación. El producto final de este proceso es la formación de los frutos y las semillas dentro de ellos, muchos de los cuales consumimos diariamente.

La polinización no es un proceso sencillo, pues la producción de grandes cantidades de polen no garantiza su llegada exitosa a la estructura femenina. Para facilitarla, las plantas han desarrollado características florales que las vuelven atractivas para los polinizadores (Willmer, 2011). Entre estas características se encuentra la producción de flores grandes, de colores brillantes o con patrones ultravioleta visibles para algunos polinizadores y, en muchos casos, con aromas que atraen a grupos específicos de ellos. Además, han entablado una interacción benéfica no solo para la planta sino también para los polinizadores, pues a cambio del transporte de los granos de polen, les ofrecen diversas recompensas. Por ejemplo, el polen y el néctar son alimentos importantes para los polinizadores, el primero con un alto contenido en proteínas, y el segundo en carbohidratos. En el caso de los insectos, algunas de las recompensas que obtienen mientras llevan a cabo la polinización son, por ejemplo, sitios de descanso, de apareamiento o de deposición de huevecillos en las mismas flores que polinizan. De esta forma, en las comunidades vegetales, distintas especies cuentan con características específicas para la atracción de grupos particulares de polinizadores, lo que en cierta medida ha favorecido el éxito de la polinización.

LOS POLINIZADORES

Aunque quizás hoy en día estamos muy familiarizados con la polinización que llevan a cabo los

insectos (particularmente las abejas), lo cierto es que también el viento y el agua pueden llevar a cabo la polinización de algunas especies vegetales (Willmer, 2011). Sin embargo, el término polinizador se refiere a los animales que llevan a cabo la polinización.

¿Quiénes son los polinizadores? Quizás el polinizador más reconocido y protegido hoy en día son las abejas melíferas (cuyo nombre científico es *Apis mellifera*, Figura 1A), pues hay campañas para su protección en todos los medios. Su importancia es tal, que se ha declarado el 20 de mayo como el día mundial de las abejas. Sin embargo, las abejas melíferas son solo una especie. A nivel mundial se reconocen más de 20,000 especies de abejas, muchas de ellas importantes polinizadores de distintas especies vegetales. Un grupo de abejas que merece ser mencionado es el de las meliponas o abejas sin aguijón. Estas abejas eran conocidas y cultivadas por los mayas desde tiempos prehispánicos, ya que son importantes productoras de miel. Hoy en día, algunas especies de meliponas son cultivadas en ciertas zonas del territorio nacional, como la península de Yucatán y la Sierra Norte de Puebla.

Dentro del grupo de los himenópteros, al cual pertenecen las abejas, también se encuentran los abejorros. Estos insectos son parecidos a las abejas, aunque son de mayores dimensiones. Los abejorros pueden llevar a cabo la polinización por zumbido (De Luca y Vallejo-Marín, 2013).

Este tipo de polinización consiste en que los abejorros activan los músculos del vuelo, manteniendo desactivado el movimiento de las alas. Al moverse la musculatura del vuelo se produce un zumbido que ocasiona la liberación explosiva de los granos de polen. Es un sistema de polinización relativamente especializado, por lo que no cualquier animal puede llevar a cabo la polinización de las especies vegetales que lo presentan.

En conjunto, los himenópteros polinizan entre el 75 y el 90 % de los alimentos que consumimos alrededor del mundo (FAO, 2018). Su importancia es tal, que sin los servicios de polinización de estos insectos se perdería entre el 5 y el 8 % de la producción



Figura 1. Ejemplos de insectos polinizadores. A) Abejas *Apis mellifera*. B) Escarabajos. C) Mariposa diurna. D) Distintos polinizadores sobre una misma flor.

global de cultivos (Khalifa *et al.*, 2021). Algunas de las plantas polinizadas por himenópteros son la cereza, el jitomate, la sandía, el chile, la pera, la mostaza, el tomillo, las margaritas, el trébol y el orégano.

Otro polinizador importante son las mariposas. Estos insectos tienen una distancia de vuelo relativamente grande, lo que permite el movimiento del polen a largas distancias. Hay grupos de mariposas que son activos durante el día (Figura 1C), pero también los hay que son activos por la noche. En ambos grupos encontramos importantes polinizadores. Por ejemplo, las mariposas diurnas son polinizadoras del apio, el cilantro, la manzanilla, la lechuga y la alcachofa; mientras que entre las plantas polinizadas por mariposas nocturnas figuran el anacardo y el tabaco.

Las moscas y los escarabajos son otros dos grupos de insectos que también realizan importantes funciones como polinizadores.

Entre las moscas, los sírfidos son polinizadores efectivos de diversas especies vegetales. A las moscas podemos atribuirles la polinización del cacao y del mango.

Por su parte, los escarabajos (Figura 1B), usualmente considerados como “polinizadores sucios” por permanecer largos periodos de tiempo sobre la misma flor, ocasionándole grandes daños, también realizan la polinización exitosa de diversas especies vegetales, entre las que figuran la guanábana y la magnolia.

Sin embargo, los insectos no son los únicos polinizadores, pues hay animales vertebrados que también llevan a cabo la polinización. Entre estos, los dos grupos de polinizadores más importantes son los murciélagos y las aves. Desafortunadamente, a lo largo de la historia ha prevalecido una percepción negativa de los humanos hacia los murciélagos, los cuales son concebidos como “vampiros”. Esta percepción se acrecentó todavía más con la pandemia

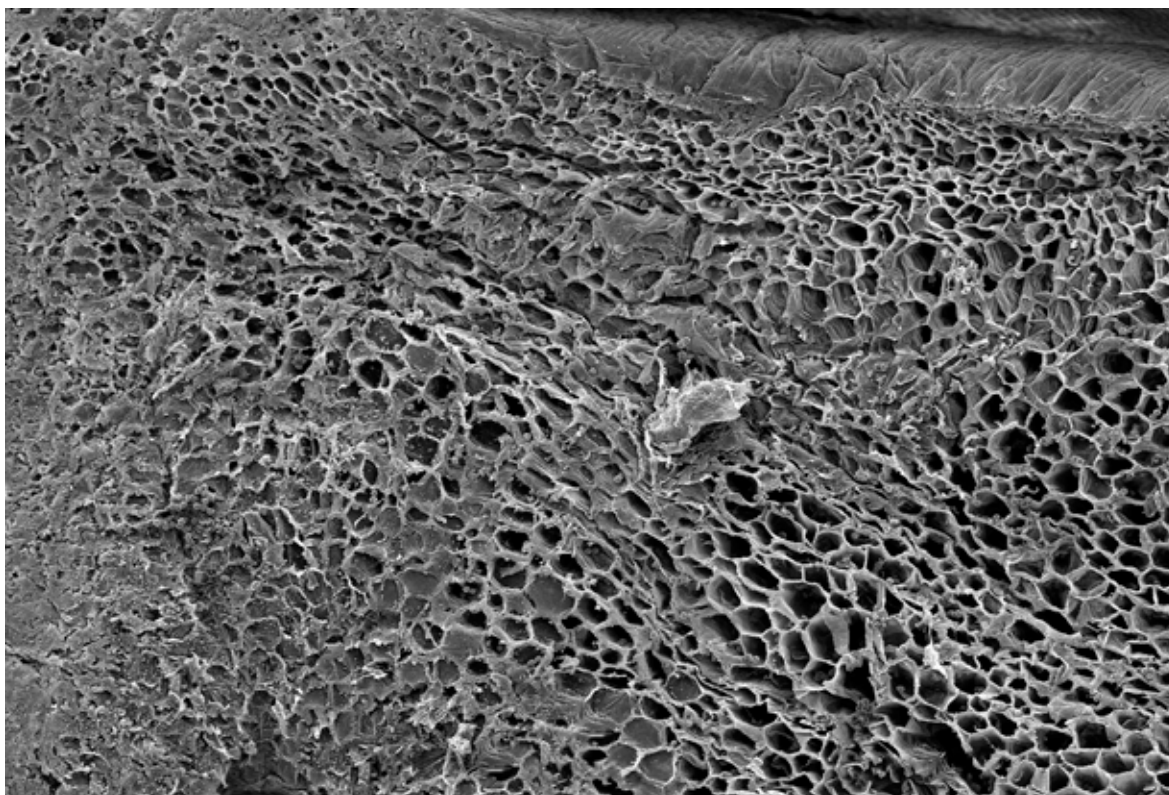
de COVID-19, ya que fueron considerados como la fuente de la cual provino el virus.

En términos reales, la mayoría de los murciélagos no consume sangre y lleva a cabo importantes funciones dentro de los ecosistemas. Como polinizadores, le debemos a los murciélagos frutas como el durio, las tunas, pitayas y pitahayas. Así mismo, estos vertebrados son polinizadores del maguey, planta de la cual obtenemos bebidas típicas del país como el pulque, el mezcal y el tequila.

En el caso de las aves, quizás los polinizadores más conocidos sean los colibríes. Sin embargo, otros grupos de aves también polinizan a distintas especies vegetales. La nuez moscada y las heliconias son dos plantas polinizadas por aves.

Por último, hay otros grupos de animales que también han sido reportados como polinizadores. Entre ellos figuran jirafas, zarigüeyas, lémures, lagartijas y hormigas. Si bien estos animales no llevan a cabo la polinización de manera recurrente, sí pueden llevar a cabo el movimiento del polen de algunas especies vegetales de manera exitosa.

Es evidente que las funciones de polinización son cumplidas por una amplia gama de animales, y que esa función no se limita a aquellas especies de consumo humano, por lo que los polinizadores y la función que cumplen es trascendental para el funcionamiento de los ecosistemas.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

EL PAPEL DE LOS POLINIZADORES EN LOS ECOSISTEMAS

Además de intervenir en la producción de los alimentos que consumimos, ¿por qué son importantes los polinizadores? Para contestar esta pregunta es necesario tener en mente que la polinización es indispensable para que se lleve a cabo la reproducción sexual de las plantas y, en última instancia, para que se complete su ciclo de vida. La polinización seguida de la fecundación garantiza la generación de nuevos individuos, lo que se traduce en el mantenimiento de las poblaciones de distintas especies vegetales (así como de la diversidad de organismos que se alimentan de ellas). En conjunto, las poblaciones de plantas conforman la comunidad vegetal que son el componente principal de los bosques y, a una escala geográfica amplia, del paisaje. Entonces, la polinización exitosa de las plantas es el paso inicial para la prevalencia de los bosques.

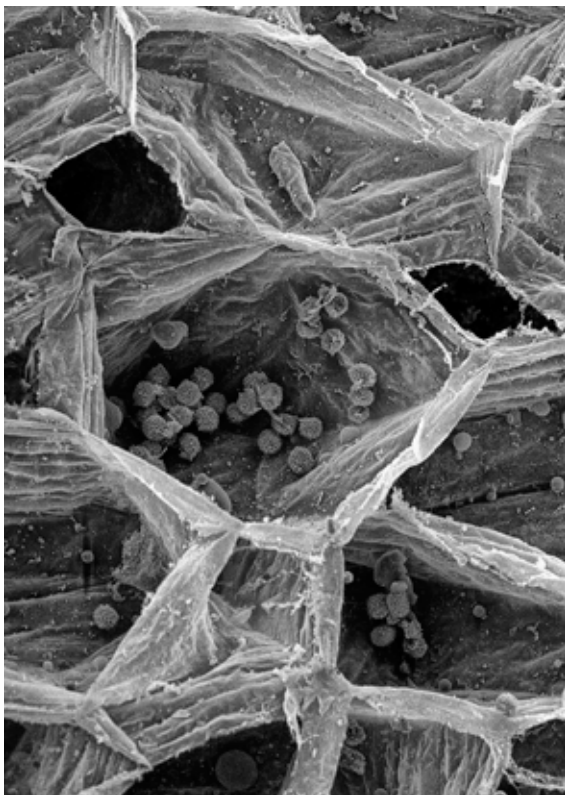
Los bosques representan una incubadora de numerosos beneficios para los humanos (también conocidos como servicios ecosistémicos). Algunos de esos beneficios son esenciales para nuestra supervivencia.

Por ejemplo, a través del proceso fotosintético, las plantas generan el oxígeno que respiramos y fijan carbono en sus cuerpos, el cual constituye la materia prima que sostiene al resto de los organismos a través de las cadenas alimenticias.

Además, de las plantas obtenemos materiales de uso directo, como la madera y las fibras, así como de uso indirecto, como los agentes activos que se encuentran en los medicamentos que tomamos.

Y no debemos olvidar el valor estético que nos ofrecen, pues ¿quién no ha empleado flores para adornar su hogar? o ¿quién no ha disfrutado de una caminata relajante en un bosque?

Los beneficios que obtenemos de las plantas son innumerables. Por ello, es fundamental garantizar su supervivencia, la salud de sus poblaciones y el éxito de su polinización.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huittlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

LA CRISIS DE POLINIZADORES

El mantenimiento de poblaciones saludables de polinizadores y el éxito de la polinización son esenciales para la obtención de los beneficios mencionados. Desafortunadamente, desde hace unas décadas nos enfrentamos a una crisis de polinizadores (Watanabe, 2008; Rucker y Thurman, 2012).

Esto fue evidente cuando apicultores de Europa y Norteamérica notaron la desaparición repentina de abejas melíferas en las colmenas (Rucker y Thurman, 2012). Lo más sorprendente de esa desaparición de las abejas fue que sus cuerpos no se encontraban ni dentro de las colmenas ni en las zonas aledañas, por lo que era imposible determinar qué la había causado (Rucker y Thurman, 2012). A este fenómeno se le denominó “colapso de las colonias de abejas”.

Desde entonces se han generado numerosas hipótesis sobre los agentes causantes del colapso (Watanabe, 2008; Potts *et al.*, 2010; Vanbergen y the Insect Pollinators Initiative, 2013). Entre los culpables

se ha mencionado al ácaro del género *Varroa*, pero también a virus y hongos. Además, los efectos de las acciones humanas no se descartan de la lista de culpables, pues actividades antropogénicas comunes como la deforestación, el uso desmedido de pesticidas y las prácticas agrícolas basadas en monocultivos, son elementos importantes que probablemente han contribuido al colapso de las colonias de abejas (Potts *et al.*, 2010; Vanbergen y the Insect Pollinators Initiative, 2013).

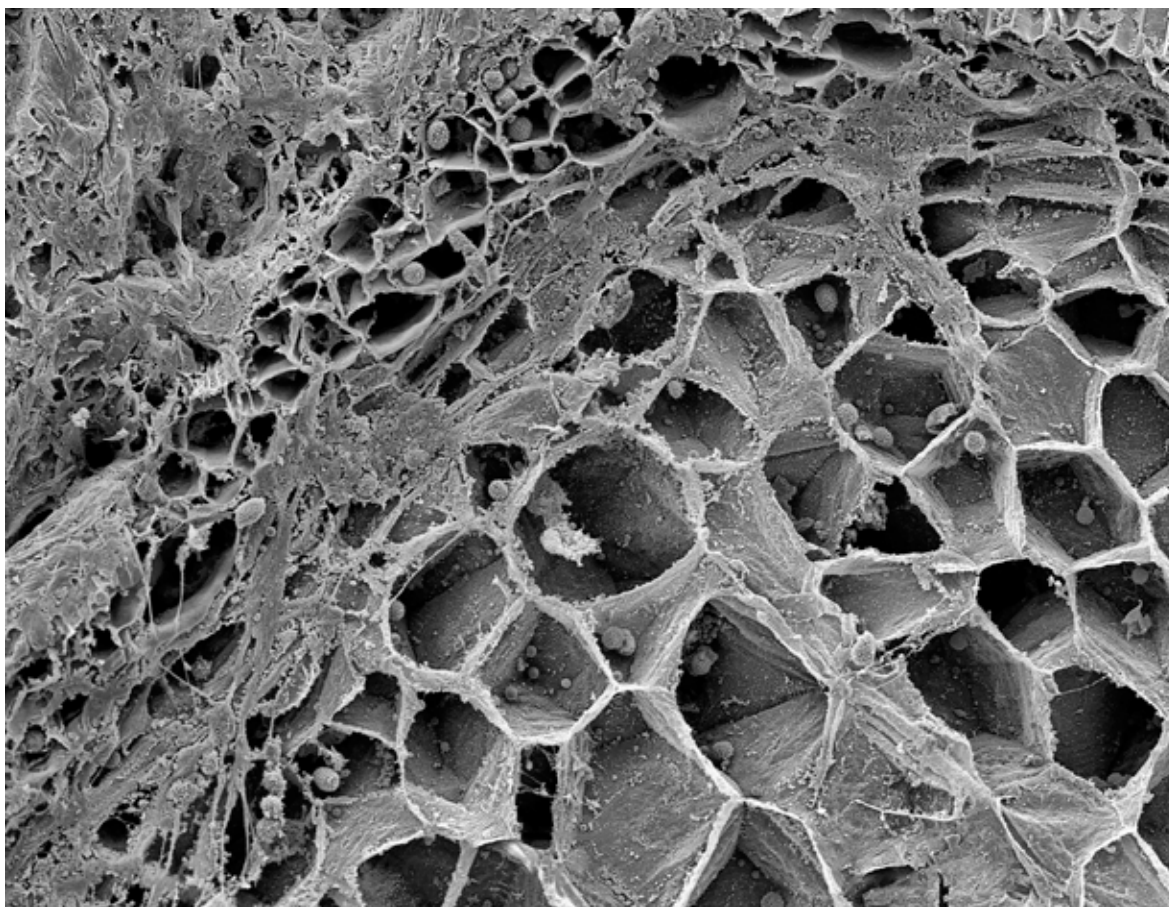
A la fecha, aún no se sabe con exactitud qué detonó la pérdida de las abejas, pero las evidencias apuntan a la acción conjunta de múltiples factores (Potts *et al.*, 2010; Vanbergen y the Insect Pollinators Initiative, 2013; Dicks *et al.*, 2021; Khalifa *et al.*, 2021).

El colapso de las colonias de abejas melíferas y su impacto en la economía, fueron los detonadores que pusieron a estos himenópteros en el centro de la atención pública. Sin embargo, las abejas melíferas no son el único grupo de polinizadores que están sufriendo los embates de un planeta con bosques seriamente fragmentados y que enfrentan un cambio climático en pleno. Reportes recientes muestran un declive general, así como un elevado número de especies de insectos y vertebrados amenazadas y en riesgo de extinción (FAO, 2018; Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019).

Desafortunadamente, entre esos grupos figuran importantes polinizadores como mariposas, moscas, abejas, escarabajos, aves y murciélagos. La crisis de polinizadores no es exclusiva de las abejas melíferas.

Enfrentamos una pérdida generalizada de polinizadores. Urge tomar acciones que permitan la subsistencia de poblaciones sanas de polinizadores, así como reconocer la función que todos ellos llevan a cabo en el ecosistema, no solo la de los grupos que tienen un mayor impacto en la economía global.

La importancia de todos los polinizadores es tal que desde hace unos años, en la tercera semana de junio, se celebra la semana de los polinizadores. ¡Conservemos a los polinizadores!



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

REFERENCIAS

- De Luca PA y Vallejo-Marín M (2013). What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. *Current Opinion in Plant Biology* 16:1-7.
- Dicks L, Breeze TD, Ngo HT, Senapathi D, An J, Aizen MA, Basu P, Buchori D, Galetto L, Garibaldi LA, Gemmill-Herren B, Howlett BG, Imperatriz-Fonseca VL, Johnson SD, Kovács-Hostyánski A, Kwon YJ, Lattorff HMG, Lungharwo T, Seymour CL, Vanbergen AJ and Potts SG (2021) A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology and Evolution* 5:1453-1461.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2018). Es hora de apreciar la labor de los polinizadores. Recuperado de: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1129811/>.
- Khalifa SAM, Elshafiey EH, Shetaia AA, El-Wahed AAA, Algethami AF, Musharraf SG, Al Ajmi MF, Zhao C., Masry SHD, Abdel-Daim MM, Halabi MF, Kai G, Al Naggar Y, Bishr M, Diab MAM and El-Seedi HR (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects* 12:688.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O and Kunin WE (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25:345-353.
- Rucker RR and Thurman WN (2012). *Colony collapse disorder: the market response to bee disease. Policy series, No. 50.* PERC, Bozeman, Montana.
- Sánchez-Bayo F and Wyckhuys KAG (2019). Worldwide decline of entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation* 232:8-27.
- Vanbergen AJ and the Insect Pollinators Initiative (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11:251-259.
- Watanabe M (2008). Colony collapse disorder: many suspects, no smoking gun. *BioScience* 58:384-388.
- Willmer P (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press, Princeton y Oxford.

Dulce María Figueroa Castro
Laboratorio de Interacciones Ecológicas
Facultad de Ciencias Biológicas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
figgery@gmail.com

Peces e inundaciones: una relación favorable para la vida

Marcela **Madrigal-Cruz**
Nicolás **Álvarez-Pliego**
Miguel Ángel **Salcedo**

En el contexto humano, las inundaciones se perciben como incidentes desfavorables para el desarrollo, ya que se asocian con enfermedades, destrucción de infraestructura y pérdidas económicas. No obstante, los eventos de inundación en los ecosistemas dulceacuícolas constituyen la fuerza principal que regula los ciclos de vida de los organismos que los habitan, en especial los peces.

EL CICLO DE INUNDACIÓN LOS GUÍA Y ELLOS SE JUNTAN: LA CONECTIVIDAD HIDRÁULICA

El sureste de México se localiza en una zona tropical, donde la precipitación es la principal fuente de agua y se refleja en la alta disponibilidad del recurso hídrico en su planicie. No obstante, esto presenta variaciones contrastantes en el nivel del agua de los ríos, lagos y en la zona de inundación. Entonces, es más adecuado hablar de los niveles altos y bajos en los ecosistemas acuáticos de esta planicie tropical. De acuerdo con lo anterior, se reconoce que la cantidad de agua que fluye en un río (caudal) y el volumen de agua aportada por las precipitaciones en los ecosistemas acuáticos se relacionan con cuatro condiciones de nivel del agua, que en conjunto se puede denominar como ciclo de inundación; estas son: 1) nivel bajo, comprendido entre los meses de marzo, abril, mayo; 2) transición a nivel alto, entre junio,

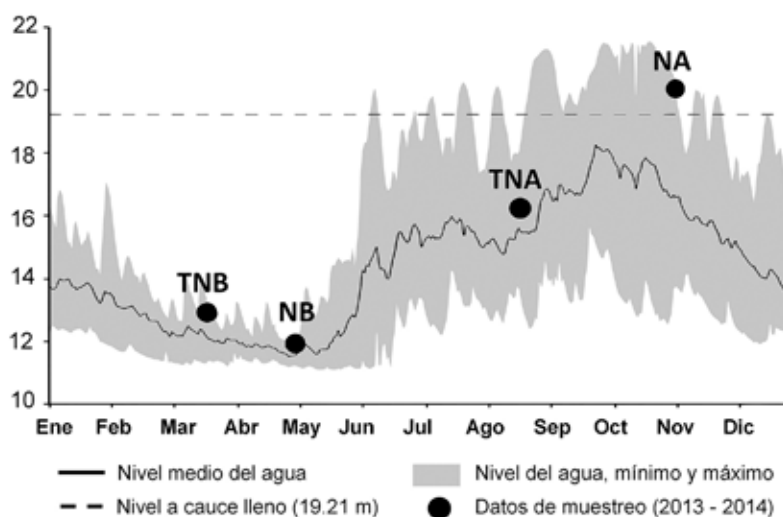


Figura 1. Variación del nivel del río Usumacinta durante 2003 a 2015. TNB, Transición a nivel bajo; NB, Nivel bajo; TNA, transición a nivel alto; NA, nivel alto (Figura modificada de Cruz-Ramírez *et al.*, 2019a).

julio y agosto; 3) nivel alto en septiembre, octubre y noviembre, 4) transición a nivel bajo en diciembre, enero y febrero) (Figura 1) (Cruz-Ramírez *et al.*, 2019).

En este contexto, los ciclos de inundación son el principal motor que regula los humedales, que se definen como zonas de transición entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres, que pueden ser de carácter: 1) temporal, es decir que la presencia de agua depende del tiempo, y 2) permanente, inundados independientemente de la época del año y que dependen del relieve negativo (depresiones en la planicie) y de la conexión permanente con las corrientes que los alimentan (tributarios) (Lewin y Ashworth, 2014).

Existen humedales que pueden ser definidos por su conectividad hidráulica superficial, es decir, un río que alimenta permanentemente a un lago (río-planicie de inundación) a través de un canal, o se conectan entre sí cuando el nivel del río aumenta y desborda (Figura 2). En contraste, existen lagos que están parcialmente aislados del cauce de un río, ahora más frecuentemente por la construcción y operación de infraestructura para control de inundaciones (Salcedo *et al.*, 2022). En todo caso, los humedales se encuentran en constante cambio, pues se expande y contrae su volumen de agua, esto es lo que se denomina variabilidad hidrológica, y aporta diferentes beneficios

para el ecosistema, los peces y la fauna acuática en general. Por ejemplo, durante el nivel alto, los animales acuáticos se mueven y dispersan a lo largo de la zona inundada aprovechando los recursos disponibles, pues ahí se encuentran las zonas temporales de alimentación y crianza para los peces de talla pequeña o las crías de otros peces. La conformación de estas comunidades temporales también puede ser compleja y es entonces cuando cada especie aprovecha sus atributos biológicos para sobrevivir (Winemiller y Rose, 1992).

¿COMO PEZ EN EL AGUA! ESTRATEGIAS DE VIDA

COMO RESPUESTA A LA VARIABILIDAD HIDROLÓGICA

Ante los cambios en los humedales, los peces han desarrollado distintas adaptaciones a la variabilidad hidrológica. Existen tres estrategias de vida que los peces pueden exhibir basados en: 1) la longitud máxima que logra alcanzar el pez en vida silvestre; 2) el promedio de crías que una hembra pueda tener, esto es, su fecundidad; y 3) el tiempo que tarda en alcanzar la talla que necesita para reproducirse, es decir, su talla de madurez sexual (Winemiller y Rose, 1992).

Oportunista. Son peces de cuerpo pequeño (< 15 cm de longitud), les toma poco tiempo alcanzar su talla para reproducirse, pero produce un número bajo de crías. Estas especies se adaptan fácilmente a las variaciones del nivel del agua ya que, al dejar poca descendencia, rápidamente pueden continuar su reproducción. Su pequeño tamaño les permite desplazarse a la zona inundada de poca profundidad donde buscan su alimento, refugio y protección contra peces más grandes que podrían depredarlos. Algunos peces que están en esta estrategia son los comúnmente denominados como topotes o guayacones o sardinitas (de la misma familia que los peces guppies o tetras de acuario), por ejemplo: *Astyanax finitimus*, *Gambusia sexradiata*, *Poecilia mexicana*,

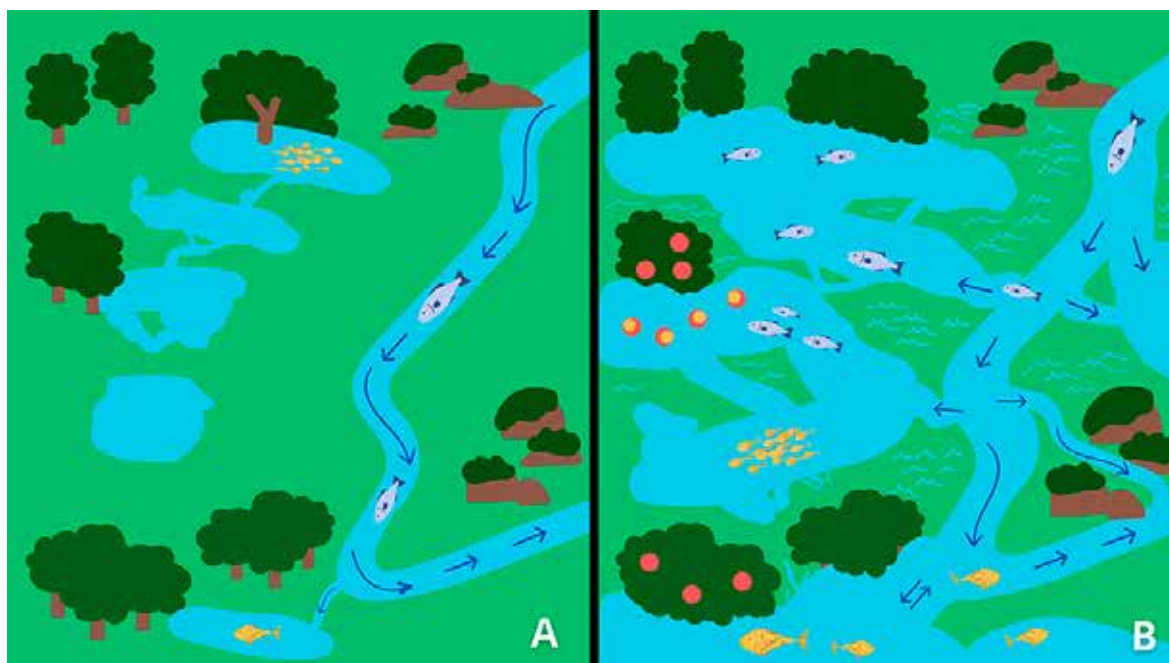


Figura 2. A) Nivel bajo. Planicie de inundación. A la derecha se encuentra el río principal. B) Nivel alto. Conexión hidráulica superficial en la zona de inundación. Las flechas indican la dirección del flujo del agua. Dibujo Madrigal-Cruz.

Pseudoxiphophorus bimaculatus o *Xiphophorus maculatus* (Escalera-Vázquez *et al.*, 2017; Álvarez-Pliego *et al.*, 2021).

Periódica. En esta categoría los peces son de mayor longitud, tardan más tiempo en alcanzar la talla de madurez sexual y tienen una fecundidad alta. Estas especies se caracterizan por tener eventos de desove que coinciden con el movimiento de los organismos hacia hábitats propicios (migraciones reproductivas) o con temporadas favorables para el desarrollo de las crías (por ejemplo, en temporada de nivel alto o inundación). Estos peces dependen de la conectividad hidrológica lateral de la planicie inundada, y del caudal, los cuales son indispensables para la definición de sus rutas migratorias que, si se interrumpen, hacen imposible completar el ciclo reproductivo. Ejemplos de estrategias periódicas son el juil (*Rhamdia guatemalensis*) o el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*).

Equilibrio. Los peces que presentan esta estrategia se asocian con humedales donde las variaciones en el nivel del agua no son frecuentes (por ejemplo, lagos permanentes o ambientes con poca influencia de inundaciones). Dado que estos organismos habitan en ambientes con espacio y

recursos limitados, su fecundidad es baja; sin embargo, estos peces tienen una adaptación evolutiva que les permite asegurar la supervivencia de su progenie. En biología se considera esto como cuidado parental y consiste en que los padres invierten tiempo y energía en cuidar a las crías hasta que puedan valerse por sí mismas. Además, algunos de estos organismos son fértiles a lo largo de todo el año. Los estrategias de equilibrio pueden considerarse como “residentes”, ya que no realizan grandes desplazamientos; no obstante, sí pueden moverse hacia la planicie inundada cuando es temporada de nivel alto. Algunos peces con esta estrategia son las mojarra de la familia Cichlidae, como el cíclido boca de fuego (*Thorichthys meeki*), la mojarra castarrica (*Mayaheros urophthalmus*) y la mojarra pinta (*Parachromis multifasciatus*).

Es importante mencionar que las estrategias utilizadas por los peces no siempre se cumplen en las especies, incluso los mismos autores que proponen estas estrategias señalan las variaciones y limitantes que existen (Escalera-Vázquez *et al.*, 2017). Quizás la integración de otras de características

biológicas, como la flexibilidad fenotípica de algunas especies, podría aportar mayor precisión sobre sus estrategias.

EL FUTURO DE LOS PECES

El crecimiento urbano es uno de los factores que más ha incidido en la degradación del ambiente, pérdida de los humedales y de la diversidad de especies, debido al cambio de uso de suelo y sobreexplotación de los recursos acuáticos; por ejemplo, en la llanura de inundación del río Grijalva, el crecimiento acelerado del área metropolitana ha ocasionado la desconexión entre los humedales, la pérdida de más de 289 hectáreas de humedales (Palomeque de la Cruz *et al.*, 2017) y la disminución o daño en los organismos acuáticos (Sánchez *et al.*, 2019). Por otra parte, la construcción de presas, diques y canales para satisfacer la demanda de agua o para generar energía eléctrica tiene como consecuencia la interrupción del paso del agua en los periodos de inundación y conectividad hidráulica superficial en los humedales.

Por ejemplo, el ciclo de vida de peces migratorios se ve interrumpido, y los que lo logran son capturados antes de poder reproducirse y dejar descendencia. A su vez, en los lagos que quedan aislados y en los humedales urbanos que han permanecido “desconectados” de otros sistemas fluviales por mucho tiempo, la riqueza de especies, principalmente las de afinidad marina, disminuye debido a esta falta de conectividad hidráulica superficial (Sánchez *et al.*, 2019).

El cambio climático global también ocasiona eventos extraordinarios que afectan significativamente a los organismos que habitan el medio acuático; por ejemplo, los eventos intensos de sequía pueden causar una disminución drástica de peces de tallas grandes y medianas (oportunistas y de equilibrio), lo que altera la cadena alimenticia y tiene repercusiones

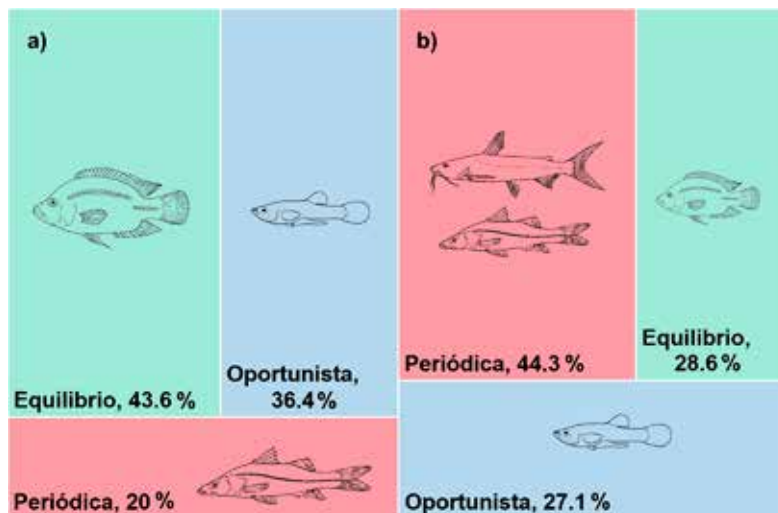


Figura 3. a) Área Metropolitana de Villahermosa (Sánchez *et al.*, 2019); b) Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (Álvarez-Pliego *et al.*, 2021).

a largo plazo (Röpke *et al.*, 2017). Por el contrario, el aumento rápido en el nivel del agua causado por inundaciones extremas puede perjudicar los terrenos de desove y dañar a los huevos y larvas de los peces, lo que resultará en una baja de organismos adultos y, si esto persiste, la desaparición total de la población (Chea *et al.*, 2020). En este sentido, las estrategias de vida juegan un papel muy importante para la sobrevivencia de los peces, lo cual resalta la importancia de estudiar la biología de los animales y sus respuestas ante los cambios ambientales. Para tener un ejemplo del efecto provocado por las alteraciones humanas hacia los ecosistemas acuáticos, se comparó la comunidad de peces de dos zonas de las cuencas Grijalva-Usumacinta: en el área Metropolitana de Villahermosa (AMV), Tabasco (Sánchez *et al.*, 2019) y en la Reserva de la Biósfera de Pantanos de Centla (RBPC) (Álvarez-Pliego *et al.*, 2021).

A cada especie se le asignó una categoría (oportunistas, periódica o equilibrio), a partir de estas se cuantificaron en cada área y del subtotal se obtuvo el porcentaje de especies por área (Figura 3). Como resultado, se observa que en el AMV los peces con estrategia de equilibrio fueron dominantes (43.6 %), mientras que los peces periódicos obtuvieron un porcentaje de 20 %. En contraste, en la RBPC las especies con estrategia periódica fueron las más relevantes (44.3 %). Lo anterior indica que la biología de

los peces con estrategia periódica está ligada a los ciclos de inundación y conectividad hídrica, por lo que su baja presencia en la zona con mayor impacto antrópico es un ejemplo de los efectos de la alteración de los ciclos naturales de los ecosistemas acuáticos.

CONCLUSIÓN

Ante el inminente panorama de cambio climático, el aumento de la población mundial y los requerimientos de recursos naturales que esto conlleva es necesario generar y poner en práctica estrategias y planes de desarrollo sostenible que aseguren la conectividad de los ecosistemas y la conservación de los organismos acuáticos que forman parte crucial del bienestar humano. Los planes de manejo con base en la biología de los organismos acuáticos, en particular los peces, son necesarios, de lo contrario se estarán enfrentando a un escenario incierto a futuro, pues, como se ha documentado, no todos los organismos responden del mismo modo ante los cambios en el medio ni tienen la misma capacidad

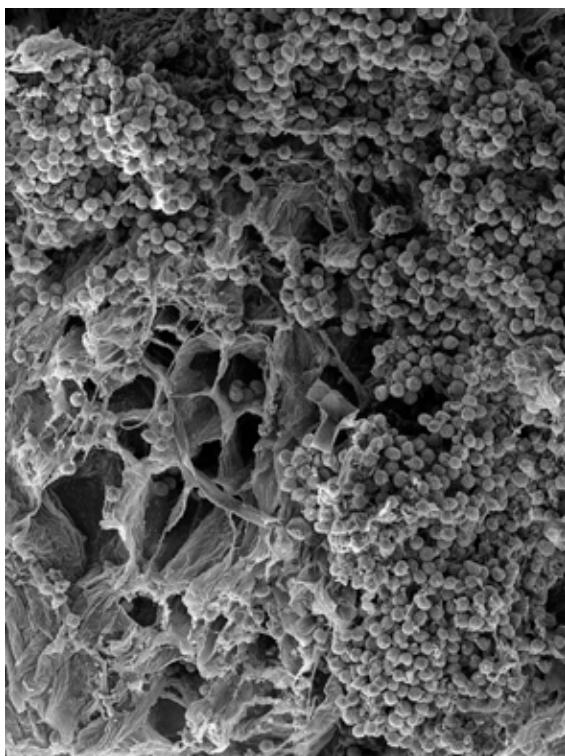
de adaptarse, por lo que se esperaría una pérdida considerable de especies.

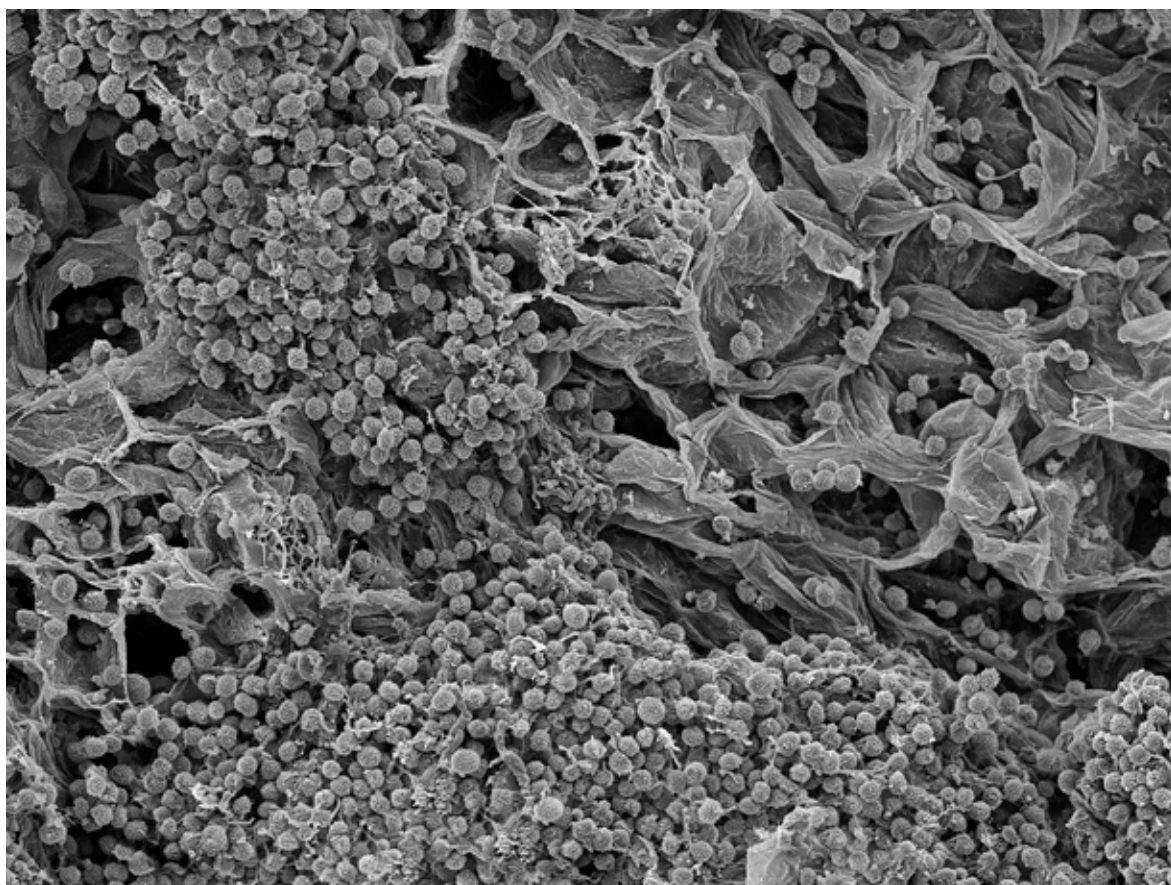
REFERENCIAS

- Álvarez-Pliego N, Sánchez AJ, Florido-Araujo RA, Salcedo-Meza MÁ, Cruz-Ramírez AK y Barba-Macias E (2021). Diversidad de peces en la reserva de la biosfera Pantanos de Centla. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8(1):1-16. doi: <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2713>.
- Chea R, Pool TK, Chevalier M, Ngor P, So N, Winemiller KO, Lek S and Grenouillet G (2020). Impact of seasonal hydrological variation on tropical fish assemblages: abrupt shift following an extreme flood event. *Ecosphere* 11(12). doi:10.1002/ecs2.3303.
- Cruz-Ramírez AK, Salcedo M, Sánchez AJ, Barba-Macias E and Mendoza-Palacios JD (2019). Relationship among physicochemical conditions, chlorophyll-a concentration, and water level in a tropical river-floodplain system. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16(7):3869-3876. doi:10.1007/s13762-018-2127-7.
- Escalera-Vázquez LH, Calderón-Cortés N and Zambrano-González L (2017). Fish population responses to hydrological variation in a seasonal wetland in southeast México. *Neotropical Ichthyology* 15(2). doi:10.1590/1982-0224-20160129.
- Lewin J and Ashworth PJ (2014) The negative relief of large river floodplains. *Earth-Science Reviews* 129:1-23. doi:10.1016/j.earscirev.2013.10.014.
- Palomeque-de la Cruz MÁ, Galindo-Alcántara A, Sánchez AJ y Escalona-Maurice MJ (2017). Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México. *Investigaciones Geográficas* (68):151-172. doi:10.14198/INGEO2017.68.09.
- Röpke CP, Amadio S, Zuanon J, Ferreira EJJ, De Deus CP, Pires THS and Winemiller KO (2017). Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Scientific Reports* 7(1):1-10. doi:10.1038/srep40170.
- Salcedo MÁ, Cruz-Ramírez AK, Sánchez AJ, Álvarez-Pliego N, Florido R, Ruiz-Carrera V and Morales-Cuetos SS (2022). Water Quality Indicators in Three Surface Hydraulic Connection Conditions in Tropical Floodplain Lakes. *Water* 14 (23):3931. doi:10.3390/w14233931.
- Sánchez AJ, Álvarez-Pliego N, Espinosa-Pérez H, Florido R, Macossay-Cortez A, Barba E and Garrido-Mora A (2019). Species richness of urban and rural fish assemblages in the Grijalva Basin floodplain, southern Gulf of Mexico. *Cybiu* 43:239-254. doi:10.26028/cybiu/2019-433-005.
- Winemiller KO and Rose KA (1992). Patterns of Life-History Diversification in North American Fishes: Implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49(10): 2196-2218. doi:10.1139/f92-242.

Marcela Madrigal-Cruz
Nicolás Álvarez-Pliego
Miguel Ángel Salcedo
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Villahermosa, Tabasco, México
smurple98@gmail.com

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).





© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

El maguey pulquero: una fuente ancestral de alimento

Damaris L. Ojeda Barrios
Emilio R. Morales Maldonado

La relación del maguey con pobladores mesoamericanos data de hace 10 mil años (Mora-López *et al.*, 2011). En 1590, el naturalista José Acosta lo denominó como “el árbol de las maravillas” debido a la diversidad de beneficios que se pueden obtener de él: alimento, casa, vestido, fibra y medicina (Luna-Morales, 2002). Las evidencias arqueológicas encontradas en Teotihuacán, Estado de México, Tula y Tulancingo, Hidalgo, muestran que de los magueyes se ha obtenido aguamiel, materia prima para la elaboración de pulque desde hace más de 3,500 años (Mora-López *et al.*, 2011)

En México, el maguey pulquero (*Agave salmiana* L.) se ha aprovechado desde hace más de 6,000 años por diversos grupos humanos (Luna-Morales, 2002). Esta planta es nativa del centro y sur de México, específicamente de los estados de Querétaro, Hidalgo, México, Tlaxcala, Puebla, Morelos y la Ciudad de México. (Luna-Morales, 2002). Las evidencias arqueológicas asocian al maguey pulquero con la vida ritual de las sociedades prehispánicas que lo ubican en un sistema de aprovechamiento integral (Vázquez-Alonso *et al.*, 2014).

Es considerada una de las especies que acompañaron la transición de grupos nómadas de cazadores y recolectores a agricultores sedentarios (Puche y Arce, 2023). Es así que los primeros agricultores pudieron visualizar al

magüey como una planta de la cual podrían obtener casa, vestido y sustento (Luna-Morales, 2002). En las sociedades prehispánicas se realizaban ceremonias religiosas acompañadas de bebidas como el pulque y símbolos (inflorescencia, semilla, hoja y planta) como manifestación de la abundancia (Giraldo-Cañas, 2023). Tal como ocurrió con otras plantas, la explotación del magüey fue consecuencia de una larga interacción con el hombre, que aprendió a manipularlo y a reconocer sus partes útiles (Arévalos y Tello 2023).

Es interesante señalar que algunas especies de magüey han sido domesticadas y que se han cultivado y aprovechado desde tiempos ancestrales, al igual que el maíz y el frijol (Puche y Arce, 2023). No obstante, si se compara con especies como el frijol, el maíz, el chile, el tomate y la calabaza, entre otras, la presencia histórica de esta planta es escasa. (Giraldo-Cañas, 2023).

Por otro lado, para el desarrollo de la explotación del magüey fue necesario el diseño de instrumentos (tajadores y raspadores) que permitieran lidiar con la aspereza propia de la especie, así como las técnicas para procesarlo (prensado, recolección, fermentación) (Mora-López *et al.*, 2011).

TAXONOMÍA

El magüey (*A. salmiana*) pertenece al reino: Plantae, subreino: Viridiplantae, división: Traqueofita, sub-división: Eufilofitina, Infra división: Lignofita, clase: espermatofita, subclase: Magnoliophita, superorden: Petrosaviidae, orden: Asparagales, familia: Asparagaceae, subfamilia: Agavoideae, género y especie: *Agave salmiana*.

Las especies de las que se obtiene pulque son *A. salmiana*, *A. mapisaga* y *A. atrovirens*, distribuidas en el Valle de México y en los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla (García-Mendoza *et al.*, 2019) En el Valle de México se cultivan principalmente *A. americana* L., *A. atrovirens* Karw., *A. mapisaga* Trel., *A. salmiana* var. *angustifolia* Berger y *A. salmiana* Otto ex Salm var. *salmiana*.



Figura 1. Magüey pulquero (*A. salmiana*).

A. salmiana crece en forma de roseta espiralada con hojas suculentas grandes, gruesas y erectas de color verde oscuro (Figura 1), que le permite tener una pérdida mínima de agua y ganancias netas de carbono (García-Mendoza *et al.*, 2019). El agave pulquero florece una sola vez entre los 15 y 25 años después de establecida la planta y se caracteriza por una inflorescencia con tallo floral de aproximadamente 8 metros, con flores verdes-amarillentas (Puche y Arce, 2023).



Figura 2. Extracción tradicional de aguamiel de un magüey pulquero (*A. salmiana*) para la obtención de pulque. Fuente: elaboración propia.

USO Y APROVECHAMIENTO POTENCIAL

El aguamiel es la savia que contiene el cogollo del maguey y se extrae mediante succión con un aco-cote, especie de calabaza agujerada por ambos lados (Arévalos y Tello 2023) (Figura 2).

El aguamiel es una bebida diurética con alto contenido de calorías utilizado en la preparación de atoles, jarabes, mieles, vinagres y, en ocasiones, como saborizante en la preparación de tamales y pan (Vega-García *et al.*, 2023). El aguamiel está compuesto de saponinas, un metabolito secundario que contiene aglicona esteroideal o terpenoide y una o más cadenas de azúcar, con lo que se pueden elaborar cremas y pomadas para cicatrizar heridas (Luna-Morales, 2002).

Entre los usos culinarios del pulque está su empleo como levadura en la preparación de pan (Arévalos y Tello 2023), en la preparación de salsas borrachas (pulque licuado con chile pasilla, ajo y cebolla), carnitas de puerco, barbacoa, rociadas con pulque natural o curado (bebida preparada a base de pulque y fruta con miel o azúcar) (Vega-García *et al.*, 2023), combinaciones del pulque con refresco, jugo o sidras, el jamón empulcado, los ayocotes en tlachicotón, algunos licores y nieves (Luna-Morales, 2002).

Las hojas del maguey están adaptadas a climas áridos-secos con escasa humedad relativa y alta capacidad para retener agua en sus tejidos. La cutícula de las hojas (mixiote) es empleada para preparar un platillo prehispánico conocido como mixiote (García-Mendoza *et al.*, 2019). Además, con las hojas se elabora el concentrado de aguamiel, vinagre de pulque y destilado de pulque.

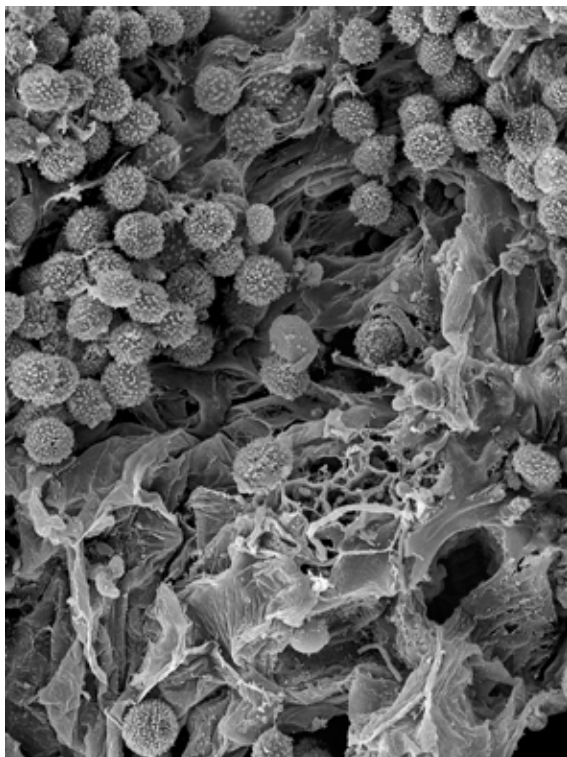
Entre otros usos culinarios de las hojas está la preparación de barbacoa (borrego, chivo y pollo entre otros) en los estados de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo (Vega-García *et al.*, 2023). Asimismo, se pueden extraer fibras para la elaboración de textiles (ropa, redes, papel), así como sogas para delimitar terrenos y terrazas agrícolas.

Entre los insectos asociados al maguey se encuentra el gusano rojo (*Comadia redtenbacheri*), cuya oruga perfora y se alimenta del mezontete

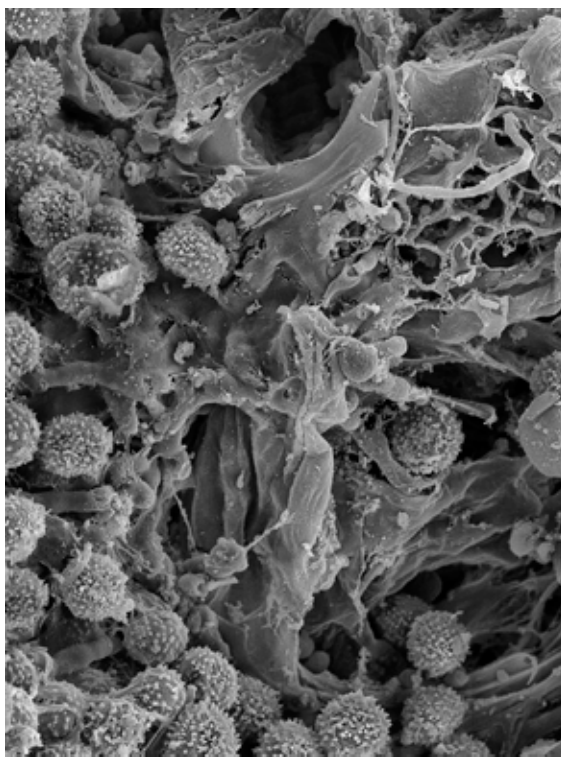
(tronco hueco y seco del maguey) (Puche y Arce, 2023); en cambio, el gusano blanco (*Acentrocne hesperiaris*) crece en las uniones entre el mezontete y las pencas; otro insecto es el escamol o larva de la hormiga güijera (*Liometopum apiculatum*). Ambos son empleados como ingredientes en la elaboración de platillos (tacos y salsas) con un contenido variable de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y elementos libres de nitrógeno (Vega-García *et al.*, 2023).

Por otro lado, la fibra del maguey es utilizada para la elaboración de artesanías (Vázquez-Alonso *et al.*, 2014) como bolsas, macetas y cuadros; con las semillas secas se elaboran adornos corporales o juguetes; con las espinas se fabrican aretes; y de la raspa, juguetes con representaciones del maguey como trompos, baleros y bastones.

La planta de maguey contribuye a minimizar la erosión eólica e hídrica al mantener la humedad mediante la retención de suelo y la protección de los cultivos. Los pequeños agricultores de las zonas rurales lo aprovechan para fabricar almacenes naturales de agua y granos en los mezontetes (tronco hueco y seco del maguey). Las hojas son utilizadas como recipientes para servir comida o bandejas para recoger la masa y alimentos molidos; para su confección se emplea la base de la penca; para almacenar agua se recurre a la punta, más ancha y flexible (Giraldo-Cañas, 2023). Está también el xoma, es decir, un tipo de cuchara formada con la hoja tierna de maguey. Con las puntas de las hojas del maguey se fabrican tapas para recipientes, y ya secas se utilizan como tejas o leña, mientras que sus cenizas se usan como abrasivos y fertilizante (Luna-Morales, 2002). Las espinas y fibras de la penca se usan como agujas e hilo para coser costales, mientras que de la raíz se obtienen fibras para la elaboración de cepillos, escobas o tejidos tipo canastas, entre otros. La parte media de la hoja, la cual posee el mayor contenido de agua, se emplea como ingrediente para hacer jabón (Vázquez-Alonso *et al.*, 2014), mientras que el qurote (inflorescencia) endurecido se utiliza como vigueta, pilote, garrocha, nido de pájaros o material para la construcción de chozas.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

CONCLUSIONES

El maguey es considerado una de las plantas más representativas de la cultura popular mexicana, y es un recurso fitogenético endémico con múltiples usos alimenticios, medicinales, industriales, ceremoniales y ambientales. Amplios sectores de la población rural lo consideran como una fuente de ingreso económico y de supervivencia.

REFERENCIAS

- Arévalos EA y Tello AF (2023). Los efectos de la tecnología en la producción y envasaje del pulque en Tarímbaro, Michoacán. *Ci-mexus* 17(2):60-74.
- García-Mendoza AJ, Franco Martínez IS y Sandoval Gutiérrez D (2019). Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoi-deae) del sur de México. *Acta Botánica Mexicana* 126:1-18.
- Giraldo-Cañas D (2023). Iconografía asociada a los magueyes (Agave L., Agaváceae). *Cinchonia*, 18(1):46-83.
- Luna-Morales CDC (2002). Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Etnobiología* 2(1):120-136.

Mora-López JL, Reyes-Agüero JA, Flores-Flores JL, Peña-Valdivia CB y Aguirre-Rivera JR (2011). Variación morfológica y humanización de la sección Salmianae del género Agave. *Agrociencia* 45(4):465-477.

Puche MCS y Arce JCL (2023). El mezcal, una bebida prehispánica. Estudios etnoarqueológicos. UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas.

Vázquez-Alonso MT, Bye R, López-Mata L, Pulido-Sala MTP, McClung de Tapia E y Koch SD (2014). Etnobotánica de la cultura Teotihuacana. *Botanical Sciences*, 92(4):563-574.

Vega-García MA, Álvarez-Ríos GD y Figueredo-Urbina CJ (2023). Sistemas de manejo de agaves pulqueros en el estado de Hidalgo. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* 10(20):92-100. doi:10.29057/icbi.v10i20.9598.

Damaris L. Ojeda Barrios
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
Universidad Autónoma de Chihuahua

Emilio R. Morales Maldonado
Instituto Tecnológico Superior de Huichapan
Hidalgo
ermorales@iteshu.edu.mx

Anfibio bioindicador en peligro crítico, ¿se extinguirá por deforestación?

Damián **Villaseñor Amador**
José Alfredo **Hernández Díaz**

La salamandra de Cuetzalan (*Aquiloerycea quetzalensis*, Figura 1) está en peligro crítico de extinción de acuerdo con el último reporte de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), realizado en 2016 (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2016). Esto nos afecta directamente, puesto que la presencia de este anfibio en los bosques de niebla demuestra que estos están sanos. Entre las contribuciones de un bosque de niebla sano figuran la captura de agua de las nubes, la condensación de dicha agua en suelos y arroyos, la retención de nutrientes en los suelos y el refugio para animales de importancia ecológica y económica como los polinizadores (Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2017). Si el bosque de niebla desaparece, la salamandra también. Además, la salamandra es microendémica de la Sierra Nororiental de Puebla, lo que quiere decir que solo se encuentra en este lugar y en ninguna otra parte del mundo.

Se ha propuesto la pérdida de hábitat como la principal amenaza de esta salamandra, consecuencia de la agricultura a pequeña escala de cultivos anuales, y del desarrollo de viviendas y de zonas urbanas y recreativas. Sin embargo, se desconoce cuántos individuos existen, así como la magnitud con que les afecta la pérdida de su hábitat, por lo que no se han llevado a cabo esfuerzos de conservación formales.



Figura 1. Salamandra de Cuetzalan (*Aquiloeurycea quetzalanensis*).
Fotógrafo: José Alfredo Hernández Díaz.



Figura 2. Santuario de los Anfibios del Bosque de Niebla, Cuetzalan, México. Fotógrafo: José Alfredo Hernández Díaz.

Los autores participamos en un censo poblacional de la salamandra durante los años de 2021 a 2022 y comparamos la abundancia encontrada en distintos hábitats: bosque de niebla conservado, bosque secundario regenerado, cultivos de árboles frutales, cafetales y pastizal ganadero. El proyecto fue financiado por la Sociedad Zoológica de Londres, bajo el programa *EDGE of Existence*.

Se encontró en promedio diez veces más salamandras en el bosque de niebla conservado (85.4 %) que en el bosque regenerado (8.1 %) o en los cultivos de árboles frutales y cafetales (6.5 %). En los pastizales ganaderos no se encontró ninguna salamandra. Esto proporciona más información al reporte de la UICN: otra amenaza para la salamandra de Cuetzalan es el cambio de uso de suelo por ganadería local.

El bosque de niebla no es solo el hogar de la salamandra de Cuetzalan. En todo México este ecosistema alberga cerca de 216 especies de ranas, sapos y salamandras, de las cuales 139 se encuentran en alguna categoría de riesgo (Soto-Pozos et al., 2023). Este bosque es un ecosistema que cubre menos del 1 % del territorio mexicano, cifra que continúa disminuyendo debido a la deforestación por ganadería, agricultura y extracción de recursos maderables, de acuerdo con la Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad de México (Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2017).

Debido a la preocupación por estos anfibios, durante mayo de 2022 se creó la primera reserva natural en Cuetzalan: el Santuario de los Anfibios del Bosque de Niebla (Hernández-Díaz, 2022; Figura 2).

El manejo de dicha reserva está en manos de Conservación de Anfibios A. C., una organización no gubernamental sin fines de lucro formada por los biólogos involucrados y locales de Cuetzalan. Gracias a la diligencia del grupo y con recursos financieros de organizaciones internacionales como World Land Trust, Foundation for the Conservation of Salamanders y Synchronicity Earth, para 2023 el santuario cuenta con dos guardabosques locales que patrullan las ocho hectáreas de bosque de niebla protegidas, para evitar la extracción ilegal de flora y fauna, la tala, los incendios y la introducción de ganado. A la fecha, se ha recibido más de una decena de grupos de turistas bajo un esquema de ecoturismo de bajo impacto ecológico. El santuario también ha sido sede de trabajo para estudiantes de licenciatura e investigadores de universidades como la BUAP, UDLAP y UNAM.

En un futuro se espera ampliar el área de bosque de niebla protegido en Cuetzalan y proteger a otros anfibios icónicos de la región: la salamandra enana de la Sierra Madre Oriental (*Parvimolge townsendi*, Figura 3), el sapo de cresta grande (*Incilius cristatus*, Figura 4), el primer registro para Cuetzalan de la salamandra de pies planos de Xicotepec (*Chiropetrotriton melipona*) y una nueva especie del género *Aquiloeurycea* (Figura 5).



Figura 3. Salamandra enana de la Sierra Madre Oriental (*Parvimolge townsendi*). Fotógrafo: José Alfredo Hernández Díaz.



Figura 5. Nueva especie de salamandra del género *Aquiloemycea*. Fotógrafo: José Alfredo Hernández Díaz.

Al proteger a estos animales se está protegiendo también el derecho de los pobladores al libre acceso a un bosque saludable, el cual nos provee de agua potable y limpia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de World Land Trust, Foundation for the Conservation of Salamanders, Synchronicity Earth y la Sociedad Zoológica de Londres. También agradecemos la participación

invaluable de Carolina Mildred Rivera González, quién recolectó los datos de la abundancia de la salamandra de Cuetzalan.

Así como la ayuda de Antonio Leal Vicente, Gerardo Flores Campos, Astrid V. Lira Guerrero, Angelina García González, Alma Joselyn González Ortega, José Manuel Cabrera Cosme y Leonardo Aparicio.

R E F E R E N C I A S

Gual-Díaz M, Rendón-Correa A (2017). Los bosques mesófilos de montaña de México. *Agro Productividad* 10:3-9

Hernández-Díaz JA (2022). *Santuario de los Anfibios del Bosque de Niebla*. Conservación de Anfibios A.C. Recuperado de: <https://conservacion-anfibios.org/es/project/santuario-de-los-anfibios-del-bosque-de-niebla/>.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2016). *Aquiloemycea quetzalanensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T61911 A53989722. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T61911A53989722.en>.

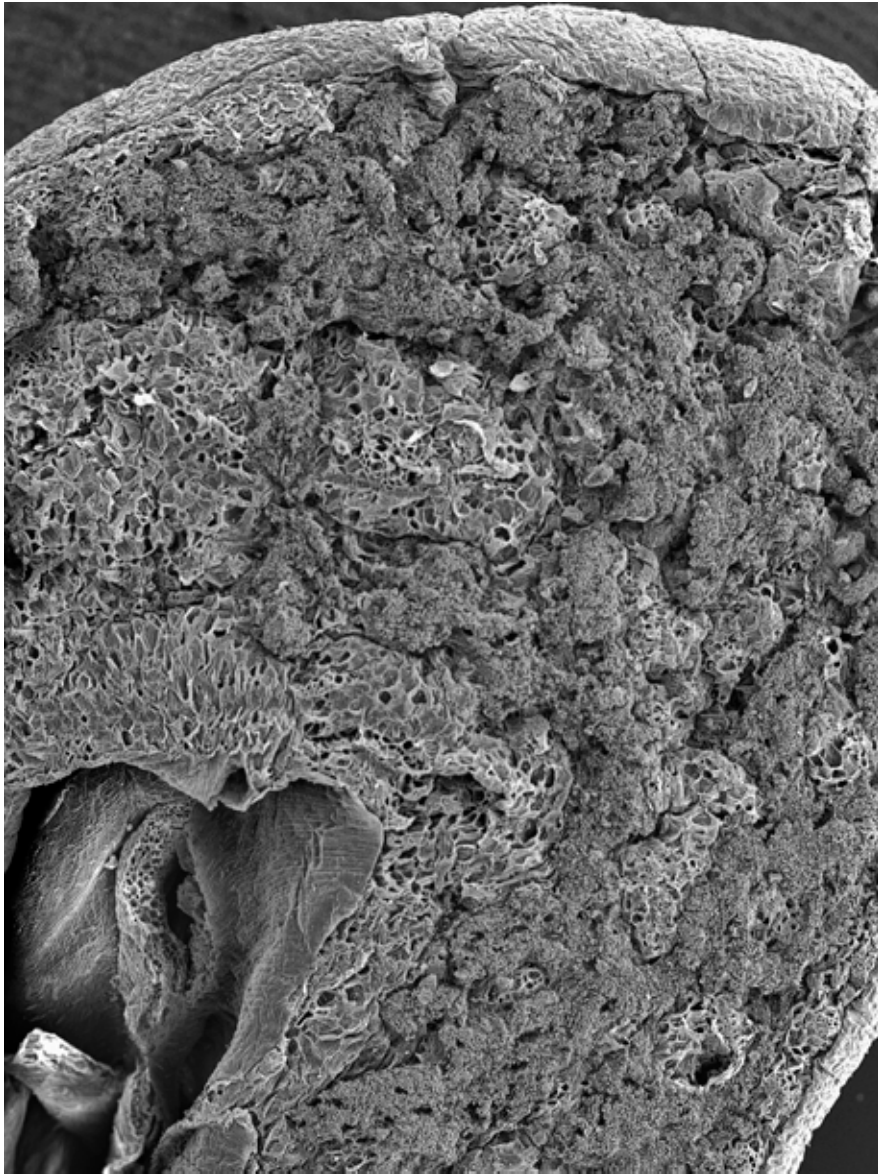
Soto-Pozos AF, Basanta MD, García-Castillo MG, Parra-Olea G (2023). The Amphibians of the Mexican Montane Cloud Forest. En Jones RW, Ornelas-García CP, Pineda-López R, Álvarez F (Eds.) *Mexican Fauna in the Anthropocene* (pp. 357-376). Springer, Cham, Suiza.

Damián Villaseñor Amador
Posgrado en Biología, UNAM
damian.villasenor@gmail.com

José Alfredo Hernández Díaz
Parque Zoológico Africam Safari



Figura 4. Sapo de Cresta (*Incilius cristatus*). Fotógrafo: José Alfredo Hernández Díaz.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

El camarón burrito, un recurso que debe ser valorado

Ernestina **Hernández-Roldán**

En el mundo se promueve un modelo de producción acuícola sustentable que considere la distribución y disposición de los recursos en los ecosistemas (FAO, 2021). Bajo esta premisa, la astacicultura (crianza, reproducción, manejo y aprovechamiento de crustáceos de agua dulce) cobra relevancia debido al aporte nutricional de los crustáceos, su contribución a la seguridad alimentaria y a la conservación de las especies nativas.

Esta actividad es común en Europa, Australia y Norteamérica. En la última década se registró un aumento en la producción de astácidos, de 400 mil a 450 mil toneladas anuales (Rudolph *et al.*, 2010). En México, el impulso de la astacicultura de especies nativas es reciente y requiere del estudio de aspectos básicos que permitan evaluar su potencial productivo. A nivel de investigación científica, lo anterior nos lleva a valorar los recursos acuáticos autóctonos para diseñar sistemas intensivos o semiintensivos que promuevan programas de acuacultura rural, así como la producción de crías para fines de repoblamiento que pudieran manejarse a través de pesquerías y, con ello, contribuir a los objetivos del desarrollo sostenible de la Agenda 2030.

CAMARÓN BURRITO EN MÉXICO

En México, las especies de crustáceos decápodos dulceacuícolas de la familia Cambaridae, de los géneros

Procambarus y *Cambarellus*, son conocidos comúnmente como camarones burrito, acociles, reculillas, o reculadores (Figura 1); son recursos alimenticios subexplotados, hay 56 especies con un alto grado de endemismo que se atribuye a la riqueza de ecosistemas de agua dulce y la ubicación geográfica que caracteriza a nuestro territorio (Álvarez *et al.*, 2021).

Los camarones burrito son un recurso de valor cultural y de uso alimenticio en las comunidades donde existen. Aunque su consumo fue común durante la época prehispánica, debido a cambios globales este ha disminuido. Actualmente, su recolecta y consumo se realiza en comunidades rurales e indígenas durante la temporada de cuaresma o en la época de lluvia. La captura del camarón burrito es incluso una actividad recreativa y se realiza mediante técnicas tradicionales. Los crustáceos adultos se consumen hervidos o asados y representan una alternativa de proteína. Para el género *Cambarellus* se han

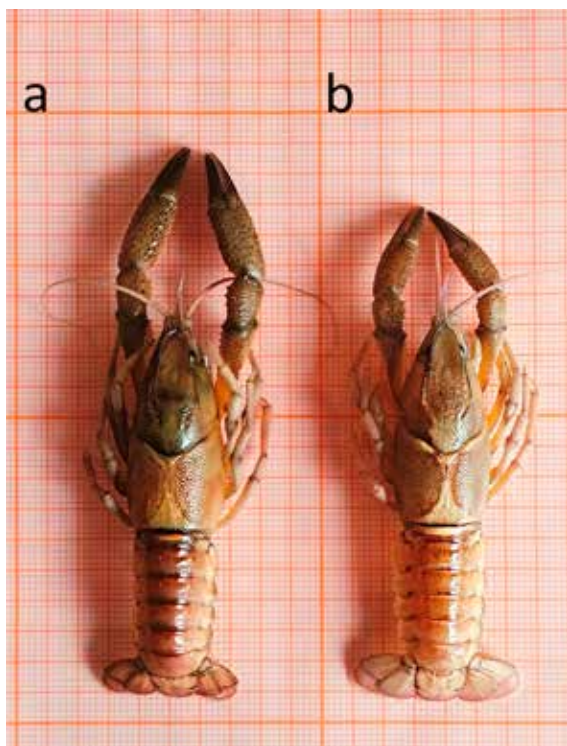


Figura 1. Ejemplar a) macho y b) hembra de camarón burrito *Procambarus olmecorum* en el Centro Ecoturístico “Regalo de Juquilita”, Ejido Sumidero Buena Vista, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Fotografía: Ernestina Hernández Roldán.

reportado costos que oscilan entre 500 y 1,300 pesos el kilogramo en la zona metropolitana en la ciudad de México (Hernández-Pérez y Correa- Benítez, 2021).

DIVERSIDAD DEL GÉNERO PROCAMBARUS Y AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

En el territorio mexicano se han registrado 45 especies de camarones burrito nativas y endémicas del género *Procambarus*, que es el más diverso; habitan cuerpos de agua dulce, principalmente arroyos, ríos de bajo cauce, lagos, lagunas y cuevas, tienen una amplia distribución desde el noreste del país rodeando el golfo de México, hasta la península de Yucatán (Álvarez *et al.*, 2021). Debido a los nuevos registros, análisis filogenéticos y propuestas de diversos autores, su clasificación taxonómica, número de especies y distribución puede haber variado en el tiempo.

Las especies nativas de crustáceos dulceacuícolas poseen un valor ecológico, ya que contribuyen al flujo de energía de los ecosistemas. No obstante, la diversidad de camarones burrito autóctonos se ve amenazada principalmente por problemas ambientales de origen antropogénico tales como la pérdida y fragmentación del hábitat, la demanda del recurso hídrico, la contaminación de los cuerpos de agua dulce, la sobreexplotación e introducción de especies exóticas; además, *Procambarus* es el género de mayor susceptibilidad al cambio climático global (Hossain *et al.*, 2018).

La introducción de especies exóticas de camarones de río con fines productivos representa una amenaza importante para la conservación de los camarones burrito nativos. En el país se han introducido al menos a cinco especies: *Cherax quadricarinatus*, *P. acutus*, *P. Orconectes virilis*, *P. clarkii* y *P. pilosimanus*. Estas dos últimas, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, pueden ser definidas como especies principalmente extraliminales (cuya distribución natural en el territorio es marginal, menor al 5 %). *P. clarkii* en el norte y *P. pilosimanus* en el sur, se consideran especies invasoras debido a que han emigrado a otras áreas donde perjudican a las especies nativas por su capacidad de adaptación y competencia (Álvarez *et al.*, 2021).

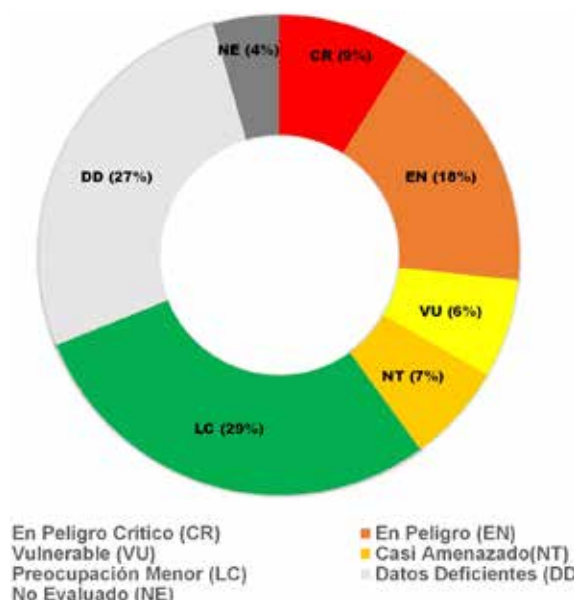


Figura 2. Estatus de conservación de las 45 especies mexicanas de *Procambarus* spp, con base en la Lista Roja de Especies en Peligro de la UICN.

El estatus de conservación de las especies de camarones burrito evalúa su susceptibilidad de incorporarse a un programa de recuperación, conservación o aprovechamiento. Sin embargo, *P. regiomontanus* es la única especie de *Procambarus* catalogada en peligro de extinción (P) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT, 2010. Esta especie actualmente se reproduce bajo condiciones controladas con el fin de repoblamiento (Montemayor-Leal *et al.*, 2010). El estatus de conservación de las especies mexicanas de *Procambarus* (Figura 2) se constató en la Lista Roja de especies amenazadas emitida por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Esta consulta reveló la falta de información sobre el estado de conservación de aproximadamente el 30 % de las especies de camarones burrito a nivel mundial, y que el 29 % de ellas se incluyen en la categoría de preocupación menor (IUCN, 2023).

AVANCES Y RETOS EN LA PRODUCCIÓN DE PROCAMBARUS

En México, en las últimas décadas, la producción de las especies de camarón burrito se ha incrementado. El Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) reporta que la producción del camarón burrito es más viable que la de los langostinos. Sin embargo, aún

se carece de información de por lo menos 90 % de especies autóctonas de este género que permitan promover su cultivo.

El INAPESCA, en el año 2018, reportó que cuatro especies autóctonas de *Procambarus* (*P. aztecus*, *P. digueti*, *P. regiomontanus* y *P. acanthophorus*) han sido evaluadas para su producción en sistemas semi intensivos, y se ha mostrado su eficiencia en ganancia de peso con una densidad de siembra de 50-100 crías/m², y una sobrevivencia en la crianza y engorda de 90 % y 80 % respectivamente; su aprovechamiento requiere un periodo menor a seis meses con tallas comerciales de 7.0 cm. Estudios recientes han evaluado la producción de camarones burrito con peces de interés comercial como una estrategia para el uso sustentable del agua.

El éxito en la producción de *Procambarus* depende de los requerimientos de hábitat de la especie que se desea manejar. Algunos parámetros a considerar son la concentración de calcio, el pH y la temperatura óptima para la cría, pues el rango idóneo depende de cada especie al igual que la concentración de oxígeno disuelto.

A través de la investigación científica y la suma de esfuerzos entre instituciones, algunas especies de *Procambarus* han logrado reproducirse en sistemas controlados. No se cuenta con información precisa sobre su costo de producción y venta, ni con indicadores sobre su demanda o mercado. Asimismo, el diseño y tecnificación de la infraestructura requerida para la producción de camarones burrito es limitada (INAPESCA, 2018).

Tan solo el estado de Veracruz alberga al 44 % de la riqueza nacional del género *Procambarus* (19 especies), y por eso representa un área de oportunidad en la entidad. La Tabla 1 muestra los sitios con reporte y estatus de conservación, aunque existen otras áreas y sitios que aún no han sido estudiadas. Los problemas para la conservación de ecosistemas de agua dulce, especialmente en la subcuenca de los ríos Blanco y Atoyac, ponen en riesgo la permanencia de las poblaciones silvestres de camarones burrito. Por ello, evaluar el potencial de las

N°	Nombre científico*	Sitio de recolecta	Estatus de conservación, UICN
1	<i>P. acanthophorus</i> Villalobos, 1948	Planicie costera desde paso del Toro hasta Juan Díaz Covarrubias, Laguna El Tular, Coatzacoalcos; río Chiquito tributario del Coatzacoalcos; playa San Vicente y Alvarado.	LC
2	<i>P. llamasii</i> Villalobos, 1954	Llanura costera del golfo de México, desde Veracruz hasta Guatemala y Belice.	LC
3	<i>P. mexicanus</i> Erichson, 1846	Tres puentes, municipio de Xalapa hasta Tenejapa, El mirador de Zacualpan, 8 km NE del municipio de Huatusco.	LC
4	<i>P. olmecorum</i> sinónimo <i>P. aztecus</i> Hobbs, 1987	Arroyo del río Metlac, Fortín de las Flores.	LC
5	<i>P. gonopodocristatus</i> Villalobos, 1958	De Paso Largo municipio de Nautla, al río Nautla, municipio. Martínez de la Torre.	LC
6	<i>P. ortmannii</i> Villalobos, 1949	5 km NNE de Coyutla hasta el río grande, Tlapacoyan.	LC
7	<i>P. riojae</i> Villalobos-Figueroa, 1944	Arroyo La bóveda, río Totolapan, Tuxpan.	LC
8	<i>P. vazquezae</i> Villalobos-Figueroa, 1954	Playa Norte, Lago Catemaco.	NT
9	<i>P. zapoapensis</i> Villalobos, 1954	Catemaco, Zapoapan de Cabañas, 11 km al SSE de Catemaco, cuenca del Papaloapan, Acayucan, Texistepec.	NT
10	<i>P. ruthveni</i> Pearse, 1911	Cuatotolapan, Acayucan.	VU
11	<i>P. citlaltepeli</i> Rojas, Álvarez y Villalobos, 1999	Parque Rincón de las Doncellas, Ciudad Mendoza.	VU
12	<i>P. catemacoensis</i> Álvarez y Villalobos, 2000	Espagoya, Lago de Catemaco.	CR
13	<i>P. rodriguezi</i> Hobbs, 1943	Cueva de Ojo de agua, Paraje Nuevo, Amatlán de los Reyes.	DD
14	<i>P. veracruzianus</i> Villalobos, 1954	El Presidio 30 km SE, Córdoba, Ixhuatlán del Café, cuenca del río Papaloapan, Xalapa, Córdoba y Amatlán de Los Reyes.	DD
15	<i>P. teziutlanensis</i> Villalobos, 1947	Tributarios del río Nautla, 12 km NW de Hueytamalco, Hacienda de las Margaritas, 5 km NW de Hueytamalco.	DD
16	<i>P. tlapacoyanensis</i> Villalobos, 1947	Tributarios del río Nautla, Cañada de Tomata, Tlapacoyan.	DD
17	<i>P. chacalli</i> López- Mejía, Álvarez y Mejía-Ortiz 2004	Dejigui, 4 km de Huayacocotla.	DD
18	<i>P. oaxaca redelli</i> Hobbs, 1973	Cueva de Corral de Piedra, 3 km SE de Corral de Piedra.	----
19	<i>P. acutus coevachicae</i> Hobbs, 1941	Tributario del río Pánuco, 13.5 Km SE de San Sebastián.	----

Tabla 1. Lista de especies de *Procambarus* nativos de México con distribución en el Estado de Veracruz. Estatus de conservación con base en la Lista Roja de Especies en Peligro de la UICN. Fuente: Álvarez y Villalobos, 2015. Modificada y actualizada por el autor. *Con base en estudios filogenéticos se elimina la clasificación de subgéneros para el género *Procambarus* (Crandall y De Grave., 2017).

especies nativas en la acuicultura sostenible es fundamental, porque permitirá establecer planes y

estrategias de manejo sustentable de estos recursos rezagados y poco valorados por los acuicultores, quienes han optado por establecer especies exóticas de astácidos con aceptación en el mercado.

Es por lo anterior que se están desarrollando proyectos de investigación sobre la productividad de recursos zoogenéticos, para contribuir, reconocer y actualizar la información de distribución, hábitat y aspectos de inocuidad alimentaria de las especies de camarón burrito (*Procambarus* spp.), así como identificar el potencial de manejo con fines de conservación y aprovechamiento de las especies en la región de las montañas, zona centro de Veracruz, para coadyuvar a la promoción de la astacicultura de especies nativas.

REFERENCIAS

- Álvarez F, Torres E and Villalobos JL (2021). New species of crayfish of the genus *Procambarus*, and notes on *Procambarus pilosimanus* (Decapoda: Cambaridae) from Chiapas, Mexico *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:450-453.
- Crandall KA and De Grave S (2017). An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology* 37(5):615-653.
- FAO (2021). Declaración de 2021 del Comité de Pesca en Favor de la Pesca y la Acuicultura Sostenibles.
- Hernández-Pérez A y Correa-Benítez A (2022). Los acociles de México: especies con valor ecológico y alimentario en riesgo de desaparición. *Elementos* 127:41-44.
- Hossain MA, Lahoz-Monfort JJ, Burgman MA, Böhm M, Kujala H and Bland LM (2018). Assessing the vulnerability of freshwater crayfish to climate change. *Biodiversity Research* 24:1830-1843.
- INAPESCA (2018). Acuicultura Acocil. Especies con potencial acuícola. Recuperado de <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-acocil>.
- Montemayor-Leal J, Mendoza Alfaro R, Aguilera-González C y Rodríguez Almaraz G (2010). Influencia de la alimentación sobre la reproducción y crecimiento del acocil regio (*Procambarus regiomontanus*), especie en peligro de extinción. *CIENCIA UANL*. 8(3):276-286.
- Rudolph EH, Retamal F y Martínez A (2010) Cultivo de camarón de río *Samastacus spinifrons*: ¿una nueva alternativa para la diversificación de la acuicultura chilena? *Lat. Am. J. Aquat.* 38(2):254-264.
- UICN 2023. Red List of Threatened Species. UICN. Versión 2022 2. <https://www.iucnredlist.org>. Consultada en febrero 2023.
- Ernestina Hernández-Roldán**
Doctorado en Ciencias Agropecuaria
Universidad Veracruzana
ernes_1356@hotmail.com

Microplantas: una alternativa de consumo alimentario

Susana Rodríguez-Jurado
Ana A. Feregrino-Pérez

Se espera que para el año 2050 la población mundial haya superado los 9,700 millones de personas (United Nations, 2022). Ello implica una mayor demanda en la producción de alimentos, lo que a su vez requiere de una mayor superficie para producirlos. Adicionalmente, los consumidores han optado por adquirir alimentos más saludables. Además, cada día es más evidente la preocupación por el impacto ambiental que generan las técnicas de producción de alimentos.

Por ello, en los últimos años se ha trabajado en la mejora y el desarrollo de técnicas de producción que requieran el menor espacio posible, y que tengan un reducido impacto ambiental; de igual modo, se busca que los alimentos posean un alto contenido de compuestos benéficos. Es aquí donde las microplantas (microgreens) se posicionan como una alternativa.

MICROPLANTAS

Las microplantas son plantas tiernas e inmaduras de las que se consume el tallo, los cotiledones y las primeras hojas verdaderas (generalmente las primeras dos); las microplantas se diferencian de los brotes porque estos últimos se producen sin luz y se cosechan para su consumo antes de que los cotiledones estén completamente

desarrollados y, por lo tanto, aún no tienen hojas verdaderas (Ebert, 2022).

VENTAJAS RESPECTO A OTROS ALIMENTOS

Las microplantas se cosechan para su consumo entre 10 y 14 días después de su siembra, y su tamaño oscila entre 1 y 3 pulgadas. Las microplantas son un cultivo especial que ha ganado popularidad debido a sus atributos sensoriales, así como a sus componentes bioactivos (Yeargin *et al.*, 2023).

Las microplantas son fuente de minerales esenciales, polifenoles, carotenoides, clorofila, antocianinas y glucosinolatos, entre otros. Estos compuestos les confieren propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antidiabéticas por lo que son consideradas como alimentos funcionales; esto significa que pueden ayudar a combatir enfermedades crónicas y, por lo tanto, beneficiar la salud de los consumidores (Bhaswant *et al.*, 2023).

Por ejemplo, en muestras frescas (x 100 g), se analizó el contenido de vitaminas K, A, C y E en plantas maduras y microplantas. En el caso de la col roja madura, la vitamina K fue de 3.82 mg, mientras que en la muestra de microplantas de esta misma especie se cuantificaron 280 mg. Se encontró también, que una muestra de cilantro maduro contenía 27 mg de vitamina C, mientras que en las microplantas se detectaron 147 mg de esta. Por otra parte, se cuantificaron 27 mg de vitamina E en microplantas de amaranto granate, mientras que en el amaranto maduro no se encontró esta vitamina. Algo parecido se reportó para el caso del rábano daikon verde, que no contenía vitamina A en su estado de madurez, pero en la muestra de microplantas se encontraron 6.1 mg (Abaajeh *et al.*, 2023),

Puede observarse que diversas microplantas poseen una mayor calidad nutricional que sus plantas maduras. Además, esta calidad se puede mejorar al someter a las microplantas a tratamientos previos y posteriores a la cosecha. Algunas de estos tratamientos incluyen la exposición a luz artificial, el estrés por salinidad, la aplicación de fertilización

y el uso de diferentes sustratos como medio para su producción (Zhang *et al.*, 2021).

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Las microplantas se pueden producir en invernaderos, túneles o incluso en interiores. En muchos casos se pueden cultivar utilizando la técnica de producción vertical, que busca producir más en menos espacio. Se pueden producir en suelo, con hidroponía (utilizando diversos sustratos, solución nutritiva o técnica de película de nutrientes), o incluso en aeroponía (sin contacto directo de las raíces con la solución nutritiva o suelo) (Abaajeh *et al.*, 2023).

Por otra parte, el contenido de compuestos bioactivos se ve influenciado por múltiples factores; entre los que destaca el tipo de sustrato utilizado. Al igual que en cualquier planta, el sustrato debe cumplir con las funciones de retención de humedad, oxigenación de raíces, nutrición y, por supuesto, proveer soporte y anclaje. Los sustratos, de acuerdo con su origen, se clasifican en orgánicos e inorgánicos, y algunos de los más utilizados son *peat moss* (turba), vermiculita, perlita y fibra y polvo de coco. Sin embargo, existe una gran variedad de sustratos determinada en gran medida por factores como la disponibilidad de materiales en la zona e, incluso, el impacto ambiental que genera durante su elaboración o su disposición al final del cultivo (Alloggia *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2021).

La selección de las especies para producir microplantas se basa en la disponibilidad de semillas, la capacidad de germinación, que sean higiénicamente seguras, bajos costos, el color que se desea obtener (verde, amarillo, morado, rojo, etc.), el sabor que se busca (amargo, picante, suave, etc.), la textura y la vida útil que ofrecen. Algunas de las familias de vegetales más utilizadas en este tipo de producción son Amaranthaceae (amaranto, remolacha, quinoa, espinacas, alforfón, acelgas), Amaryllidaceae (ajo, cebolla, puerro), Apiaceae (perejil, zanahoria, hinojo, apio, eneldo, zanahoria, perifollo, cilantro), Asteraceae (lechuga, radichio, achicoria, escarola, estragón, diente de león

común), Boraginaceae (phacelia), Brassicaceae (rábano, berro, rúcula, brócoli, coliflor, repollo, achicoria), Convolvulaceae (enredadera de agua), Cucurbitaceae (melón, pepino, calabaza), Malvaceae (yute malva/yute Nalta), Poaceae (maíz, limoncillo), Lamiaceae (chía), Leguminosae (garbanzo, alfalfa, frijol, judía verde, fenogreco, haba, lenteja, guisante, trébol), Onagraceae (noche primula), Portulacaceae (verdolaga común, verdolaga roja), entre otras (Bhaswant *et al.*, 2023).

TENDENCIA DE CONSUMO DE MICROPLANTAS EN EL MUNDO

Las microplantas han mostrado un incremento en su aceptabilidad y popularidad en el mercado debido a su alto contenido de compuestos benéficos y sus características sensoriales únicas (Zhang *et al.*, 2021).

Las microplantas son cada día más populares en restaurantes y están disponibles en una amplia gama en supermercados. Una vez compradas continúan creciendo, y están listas para cosecharse en el momento que se requieran usar como verduras frescas. Por lo que se prevé que el mercado mundial de microplantas registre una tasa de crecimiento anual estimada que va del 7.5 % (durante el periodo 2021 al 2026) al 13.1 % (durante el periodo del 2020 al 2028).

Esta tendencia de crecimiento en el mercado mundial contempla el aumento continuo de la agricultura en interiores, verticales e invernaderos, el uso de tecnologías de producción avanzadas, así como una mayor conciencia hacia el consumo de los productos alimenticios de primera calidad. También se determinó que América del Norte tuvo la participación del mercado global más significativa en microplantas en el 2020, y que la región Asia-Pacífico tiene el mercado de microplantas de más rápido crecimiento.

La producción de microplantas representa una opción de negocio, ofreciendo un margen de beneficio por encima del 40 %. Esto se debe a que la industria de la alimentación no es la única que impulsa la producción de microplantas; la industria

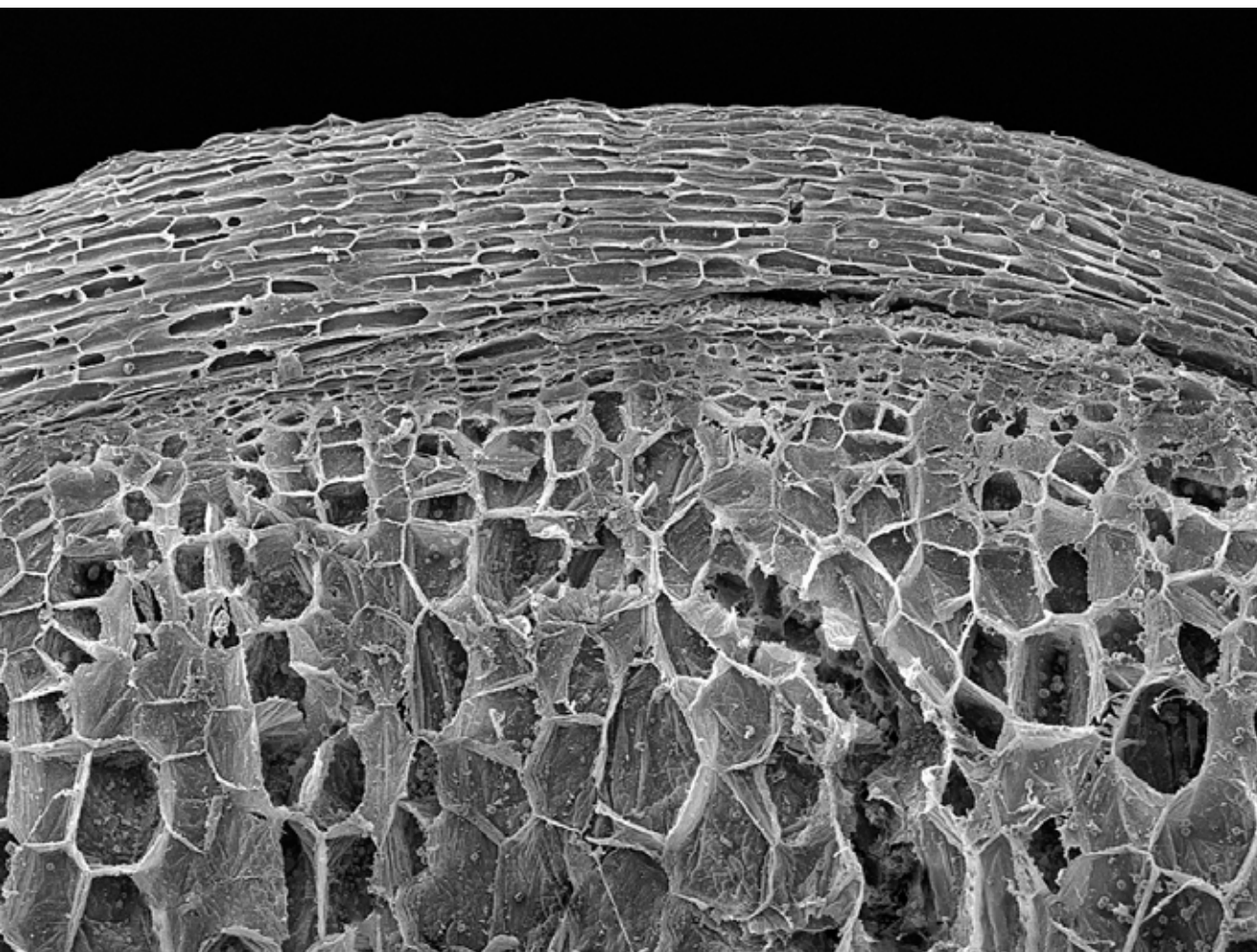
cosmética también impulsa su producción, ya que las microplantas son ricas en vitaminas y nutrientes que pueden ser procesados en diversos ingredientes para el cuidado de la piel, champú, acondicionadores, etcétera (Ebert, 2022).

DESAFÍOS QUE ENFRENTA LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE MICROPLANTAS

Las microplantas se han posicionado como un alimento funcional y novedoso. Sin embargo, es importante mencionar que existen factores relacionados con su consumo que requieren más investigación. Entre estos factores destaca el entorno de crecimiento requerido para su producción, mismo que es ideal para el desarrollo de microorganismos como *E. coli*, *Listeria* y *Salmonella*; estos microorganismos patógenos pueden generar brotes de intoxicación alimentaria. Por otro lado, para poder llevar las microplantas al mercado se necesita alargar su corta vida de anaquel, por lo que se requiere investigar acerca de posibles tratamientos para mejorar la inocuidad de las microplantas y alargar su vida postcosecha (Abaajeh *et al.*, 2023).

CONCLUSIÓN

Las microplantas ofrecen numerosas ventajas y enfrentan diversos desafíos tanto en su producción como en su consumo. Por ello, es necesario seguir investigando factores relacionados tanto con su producción como a los efectos de su consumo. Además, cabe mencionar que, al tratarse de un cultivo de ciclo extremadamente corto y con altos contenidos de compuestos benéficos para la salud, es importante promover su consumo en México. Este punto es de vital importancia, dados los altos porcentajes de enfermedades crónico-degenerativas presentes en la población. En este contexto, una buena alimentación enriquecida con microplantas, puede contribuir a mejorar la situación de las personas ya enfermas, o prevenir el desarrollo de enfermedades en las sanas.



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

REFERENCIAS

Abaajeh AR, Kingston CE y Harty M (2023). Environmental factors influencing the growth and pathogenicity of microgreens bound for the market: a review. *Renewable Agriculture and Food Systems* 38,e12, 1-12. <https://doi.org/10.1017/S174217052300008X>.

Alloggia FP, Bafumo RF, Ramirez DA, Maza MA y Camargo AB (2023). Brassicaceae microgreens: A novel and promissory source of sustainable bioactive compounds. *Current Research in Food Science*, 2023, 100480, ISSN 2665-9271, <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100480>.

Bhaswant M, Shanmugam DK, Miyazawa T, Abe C y Miyazawa T (2023). Microgreens-A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. *Molecules* 2023, 28, 867. <https://doi.org/10.3390/molecules28020867>.

Ebert AW (2022). Sprouts and Microgreens –Novel Food Sources for Healthy Diets. *Plants* 2022, 11, 571. Academic Editors: Beatrice Falcinelli and Angelica Galieni. <https://doi.org/10.3390/plants11040571>.

United Nations (2022). Department of Economic and Social Affairs, Population Division World Population Prospects 2022, *United Nations*. Online Edition. Visto por última vez el 7 de marzo del 2023 a las 11:57 a.m. en: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>.

Yeargin TA, Lin Z, do Prado I, Sirsat SA y Gibson KE (2023). Consumer practices and perceptions regarding the purchasing and handling of microgreens in the United States. *Food Control*, 145, 109470, ISSN 0956-7135. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109470>.

Zhang Y, Xiao Z, Ager E, Kong L y Tan L (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, 1, 1, 2021, 58-66, ISSN 2772-5669, <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.

Susana Rodríguez-Jurado
Ana A. Feregrino-Pérez
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Querétaro
feregrino.ange@hotmail.com

El exposoma: del concepto a la utilidad para un futuro sostenible

Paola Arjona-Jaime
Alejandra Romero-Montero
Elizabeth Isaacs-Páez

Según datos del Banco Mundial, desde 1960 la esperanza de vida humana ha aumentado 20 años, pero no así la calidad de nuestros ecosistemas. No es inapropiado preguntarse si llegaremos a los 70 años con nuestras facultades mentales y físicas intactas o si somos una generación resiliente.

A medida que las personas envejecemos también lo hacen nuestras células, que a lo largo del tiempo acumulan daño. La acumulación del daño permite establecer la llamada edad biológica; es decir, qué tan bien funciona un organismo a nivel molecular. Por ello, actualmente se ha desarrollado un nuevo campo de estudio, la gero-ciencia. Esta área pretende reducir la brecha existente entre los estudios del envejecimiento y las enfermedades crónicas, con la esperanza de comprender su relación y señalar el camino hacia nuevos tratamientos y prevención de enfermedades.

El aumento en el número de personas de 65 años o más, según datos de la ONU, y las predicciones de que para el año 2050 la población mundial de personas mayores de 60 años se duplicará, plantea retos que socialmente no estamos preparados para afrontar.

Ni nuestros sistemas sanitarios, ni la economía, ni el sistema social podrán sostener este aumento sin precedentes

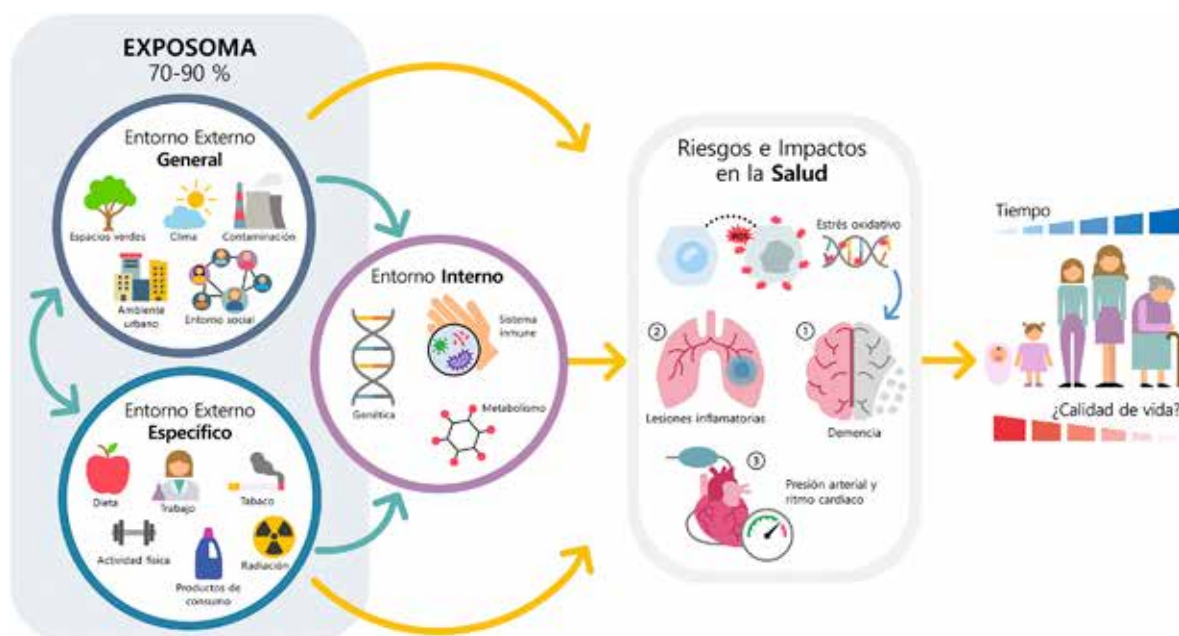


Figura. 1. Visión general del exposoma y de la trayectoria de salud o enfermedad a lo largo de la vida.

de la proporción de adultos mayores en la mayoría de los países, incluido México. Las consecuencias del envejecimiento pueden resumirse en un aumento de la fragilidad y una disminución de la resiliencia, lo que conduce, por un lado, a una mayor susceptibilidad a la enfermedad y, por otro, a una menor capacidad para soportar el estrés concomitante causado por la enfermedad.

Sin embargo, en la medida que envejecemos no solamente estamos teniendo una vida que es más larga, sino que también aumenta el número de enfermedades asociadas al envejecimiento, como el Alzheimer, que actualmente no tiene una cura. En consecuencia, estamos frente a un nuevo desafío médico, científico, social, económico y político del siglo XXI.

EXPOSOMA: MEDIO AMBIENTE Y ENVEJECIMIENTO

Existen personas que llegan en buenas condiciones físicas y mentales hasta los 100 años, y otras que alcanzan la edad adulta con una cascada de enfermedades crónicas que los lleva a tener un mal envejecimiento.

La forma en que envejecemos los seres humanos está determinada en parte por la genética, y en parte por las variables ambientales. En concreto, los factores ambientales de riesgo contribuyen al riesgo de enfermedad en un 70-90 %; por lo tanto, hace más de una década se acuñó el término “exposoma” para hacer referencia a todos los factores ambientales a los que el ser humano está expuesto a lo largo de su vida.

Las exposiciones a las que se someten los individuos pueden ser subagrupadas en tres entornos: externo general, externo específico, e interno del individuo (Figura 1).

Como mencionó F. Collins, exdirector de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos: “Los genes cargan el arma y el ambiente aprieta el gatillo”.

Es especialmente relevante comprender cómo se agrupan las exposiciones múltiples en función de su influencia en vías biológicas comunes (por ejemplo, la inflamación) o por su fuente de exposición (por ejemplo, la dieta).

También puede ayudar la identificación de biomarcadores para predecir exposiciones actuales y pasadas y, por ende, detectar condiciones preclínicas tempranas e iniciar estrategias preventivas.

EXPOSOMA: MEDIO AMBIENTE Y ENVEJECIMIENTO

El agotamiento de los recursos naturales y el envejecimiento de la población son los dos retos más importantes para la sostenibilidad medioambiental de los años futuros.

En 2018, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoció que la contaminación atmosférica es el segundo factor de riesgo de enfermedades no transmisibles, ya que más del 90 % de la población mundial respira un aire cuya calidad no se ajusta a las definiciones de la OMS de “aire limpio”. La contaminación del aire en las zonas urbanas incluye, principalmente, pequeñas partículas llamadas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , productos químicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los gases de efecto invernadero (GEI).

Estos factores de estrés ambiental externos generan radicales libres que, con el paso del tiempo, pueden sobrepasar las defensas endógenas naturales, acumularse, provocar daños oxidativos y acelerar el reloj biológico del individuo. En estudios de autopsias humanas se han encontrado pruebas de un aumento de los niveles de mediadores inflamatorios, presencia de marcadores de daño oxidativo del ADN, y pruebas de alteración de la barrera hematoencefálica en los cerebros de los habitantes de una ciudad con altos niveles de contaminación atmosférica, siendo los adultos mayores los más vulnerables a largo plazo, al presentar déficits cognitivos (Calderón Garcidueñas *et al.*, 2002).

Las $PM_{2.5-10}$ permanecen en el ambiente por largos periodos debido a su tamaño, densidad, condiciones térmicas; gracias a la velocidad del viento se esparcen hasta las zonas conurbanas.

Esas partículas suspendidas son una mezcla compleja formada por componentes químicos (principalmente moléculas carbónicas como el dióxido de carbono- CO_2 , contaminantes orgánicos persistentes, compuestos volátiles e hidrocarburos aromáticos policíclicos) y biológicos (polen, esporas y microorganismos) que tienen un papel esencial en el desarrollo de la inflamación, debido a que promueven la expresión de citoquinas y genes causantes de lesiones proinflamatorias.

Además, promueven la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS), mismas que modifican el ADN y su sistema de reparación, causando carcinogénesis y muerte celular.

La alta presencia de ROS y de productos de oxidación lipídica causa estrés oxidativo, que se presenta cuando la producción de oxidantes sobrepasa la capacidad antioxidante de las células y tejidos. Incluso, Chuang *et al.* (2007) reportaron que es necesario un solo día de exposición al aire contaminado para detectar un incremento en los biomarcadores inflamatorios, y que el mecanismo biológico se basa en que los componentes gaseosos y las $PM_{2.5-10}$ del aire contaminado ingresan en los pulmones, se adhieren a los receptores pulmonares y producen inflamación local que finalmente produce daño tisular.

En conjunto, los efectos inflamatorios, sumados a los aspectos mutagénicos y carcinógenos, son un factor de riesgo en el desarrollo de enfermedades no transmisibles como enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, obstrucción crónica pulmonar, cáncer de pulmón y envejecimiento prematuro.

La contaminación debida a los GEI como el CO_2 es particularmente preocupante, pues además de causar directamente los daños a la salud ya mencionados, son los principales promotores del calentamiento global que, a su vez, tiene efecto sobre el ciclo de vida de las plantas y está relacionado con el aumento en la frecuencia de fenómenos naturales destructivos (tormentas, sequías, etc.). Estas condiciones provocan que haya más polen disponible en el ambiente, menor cantidad de cultivos de plantas y mayor proliferación de microorganismos patógenos.

ENTORNO IDEAL PARA UN ENVEJECIMIENTO ÓPTIMO

El envejecimiento óptimo contempla que los factores externos le proporcionen al ser humano todo lo necesario para aumentar salud a los años de vida. No obstante, en América Latina existen más de 80 millones de personas expuestas a la contaminación ambiental.

En el 2020, la Comisión Lancet sobre la prevención, intervención y atención de la demencia, calculó que hasta el 40 % de los casos de demencia en todo el mundo podría prevenirse o retrasarse si se abordara este factor de riesgo.

Por ello, desde hace 30 años, a través de diversos foros, cumbres y asambleas internacionales, se ha buscado implementar programas y estrategias para reducir las concentraciones globales de GEI, en especial de CO₂.

En 2021, la concentración global de CO₂ fue de 415.7 partes por millón (WMO, 2022), con un aumento en las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles de más del 6 % respecto a 2020, lo que representa 36.3 gigatoneladas de CO₂ por año (Friedlingstein *et al.*, 2022).

De acuerdo con los escenarios de emisiones de GEI publicados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), las emisiones proyectadas de CO₂ podrían aumentar entre 22.5 y 83.7 GtCO₂/año en 2050, lo que resultaría en un probable calentamiento global de 1.5 °C entre 2030 y 2052, y nuevos cambios climáticos en el ecosistema (IPCC, 2018).

En este contexto, los sistemas de captura, almacenamiento y utilización de CO₂ surgen como estrategias centrales para disminuir las emisiones en el ambiente a corto y mediano plazo. Estos sistemas incorporan tecnologías para la captura de CO₂ de fuentes puntuales de emisión (o directamente de la atmósfera) para su compresión, transporte y almacenamiento para ser reutilizado como materia prima en sistemas productivos. Por ejemplo, su uso en centrales eléctricas convencionales podría reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera en una proporción del 80 al 90 % (IPCC, 2005).

Actualmente se utilizan alrededor de 230 megatoneladas de CO₂ cada año en la industria de fertilizantes (56 %), en la recuperación mejorada de petróleo (34 %), en la producción de alimentos y bebidas, y en aumentar el rendimiento en invernaderos (10 %) (IEA, 2022). Aunque la captura y utilización de CO₂ no reduce las emisiones, su implementación podría

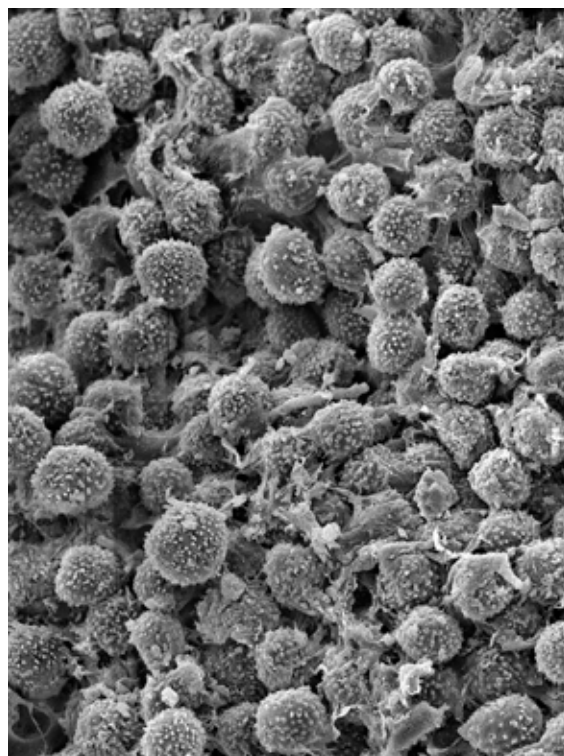
contribuir al cumplimiento de los objetivos climáticos y energéticos globales, además de ampliar la base de materias primas que pueden generar ingresos económicos adicionales. De esta manera, cualquier intento de reducción de emisiones de GEI y de CO₂ podría abordar el cambio climático global y frenar sus efectos sobre la salud humana.

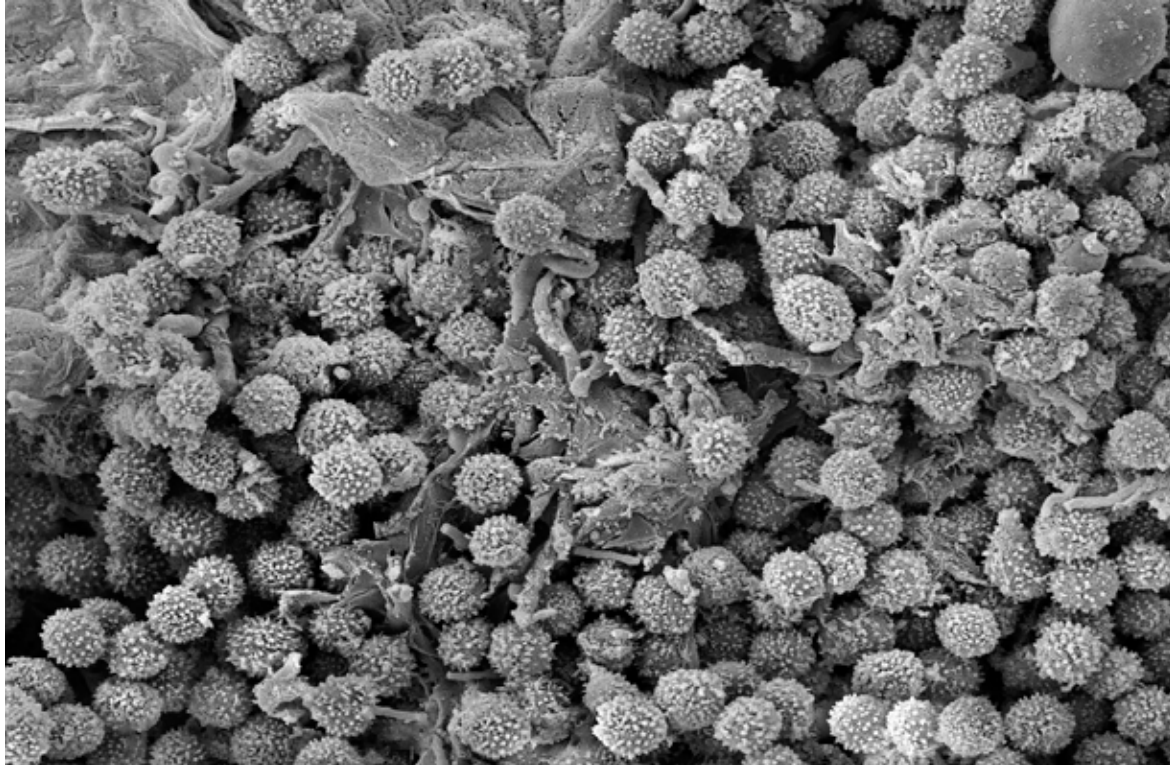
CONCLUSIÓN

Los retos actuales para frenar el daño ambiental y mejorar la calidad de vida de las personas se hallan directamente ligados; por ello, para entender que los factores externos afectan directamente la salud de las personas, se ha propiciado la identificación y clasificación de daños causados a través del exposoma.

En un esfuerzo por controlar las afectaciones que podría causar en las sociedades actuales, se han buscado alternativas que puedan mejorar la calidad del aire, lo que tendría un efecto directo en la reducción de componentes dañinos a los que

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).





© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

estamos expuestos, ayudaría en el combate contra el calentamiento global, y brindaría un beneficio económico mediante la reutilización del CO₂ como materia prima de productos de valor agregado.

Controlar el exposoma podría ser la clave para reducir el riesgo de contraer enfermedades no contagiosas a las que posiblemente estemos genéticamente predisuestos.

AGRADECIMIENTO

A. Romero-Montero y E. Isaacs Páez agradecen a Dra. Sandra Esquivel Niño del Centro de Geriatria Salud Mental y Metabolismo (Chile) por la motivación que nos brindó para abordar esta temática desde la transversalidad e interdisciplina.

REFERENCIAS

- Calderón-Garcidueñas L, Azzarelli B, Acuna H *et al.* (2002). Air pollution and brain damage. *Toxicol Pathol* 30(3):373-89.
- Chuang KJ, Chan CC, Su TC *et al.* (2007). The effect of urban air pollution on inflammation, oxidative stress, coagulation, and autonomic dysfunction in young adults. *Am J Respir Crit Care Med* 176(4):370-376.
- Friedlingstein P *et al.* (2022). Global Carbon Budget 2022, pp. 4811-4900.

IEA-International Energy Agency (2019). Putting CO₂ to Use: Creating Value from Emissions, pp. 1-85.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2005) IPCC Special Report on Carbon dioxide capture and storage.

IPCC (2018) Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

Livingston G, Huntley J, Sommerlad A *et al.* (2020). Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *Lancet*. 396(10248):413-446.

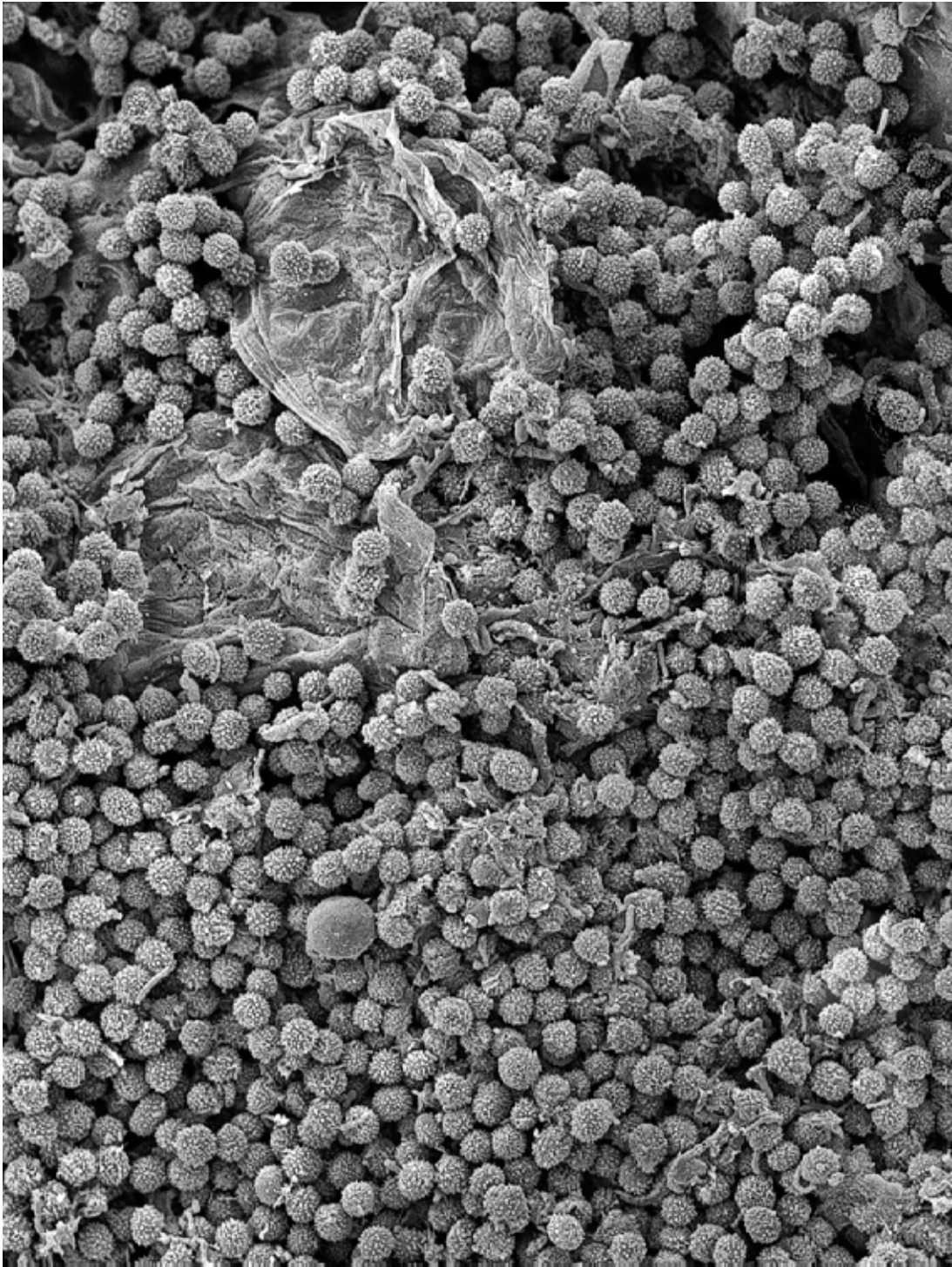
Organización Mundial de la Salud. (2015). Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/186466>.

WMO-World Meteorological Organization (2022). WMO Greenhouse Gas Bulletin, The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2021, 18, pp. 1-10.

Paola Arjona-Jaime
Elizabeth Isaacs Páez
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.
San Luis Potosí, México
elizabeth.isaacs@ipicyt.edu.mx

Alejandra Romero-Montero
Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



La idoneidad de la prescripción de medicamentos

Alfonso **Díaz**
Juan **Bastida-Herrera**
Gustavo **López-López**

La idoneidad de la prescripción de medicamentos (IPM) es un proceso que facilita el alcance de las metas farmacoterapéuticas y reduce la incidencia de los errores de medicación; sin embargo, dicho proceso aún no se aplica de forma generalizada en los hospitales de nuestro país. Este trabajo describe el IPM mediante el enfoque del profesor Avedis Donabedian: Estructura, Procesos y Resultados.

LA IDONEIDAD DE LA PRESCRIPCIÓN DE LOS MEDICAMENTOS

La idoneidad de la prescripción es un proceso donde se analizan y evalúan las indicaciones farmacológicas que el paciente recibe durante su estancia hospitalaria, con el fin de que dichas indicaciones resulten eficientes y seguras. Este proceso incluye un registro de información (perfil farmacoterapéutico) que permitirá efectuar el rastreo del tratamiento de cada paciente e identificar posibles interacciones medicamentosas, duplicidades y necesidades del paciente, así como efectuar estudios de farmacovigilancia (Atonal-Flores *et al.*, 2017). La IPM requiere que la evaluación sea realizada por un profesional farmacéutico, quien se comunicará con el médico tratante a fin de aclarar o resolver los problemas relacionados con los medicamentos o resultados negativos a la medicación.

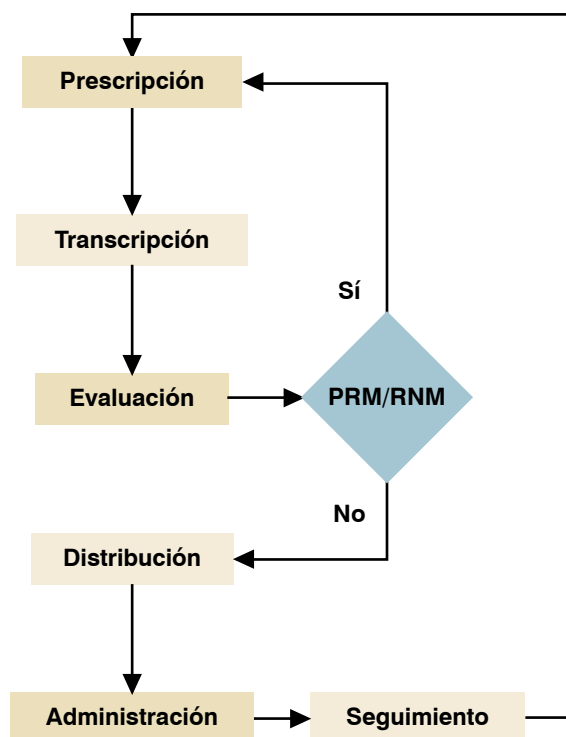


Figura 1. Proceso de idoneidad de la prescripción de medicamentos. Se muestra el diagrama de flujo de los subprocesos que incluye la bifurcación, donde la ruta depende de la detección o no de un problema relacionado con el medicamento.

El Modelo de Seguridad del Paciente del Sistema Nacional de Certificación de Establecimientos de Atención Médica (SiNaCEAM) incluye estándares que ayudan a prevenir eventos adversos o eventos centinela (Santos-Preciado y Anaya-Núñez, 2019). El SiNaCEAM (al que en lo sucesivo nos referiremos como el Modelo), presenta el capítulo “Manejo y Uso de Medicamentos” (MMU), donde se describen los estándares relacionados con la logística del suministro y los aspectos clínicos de los medicamentos. Por lo tanto, dicho modelo es un recurso estratégico para la implementación de las acciones dirigidas a la seguridad del paciente.

En el Modelo, se presenta el estándar MMU 6.5 titulado “Se revisa la IPM”, con el fin de que la medicación sea la adecuada para el paciente. Los pasos secuenciales de la IPM se inician con una farmacoterapia basada en las buenas prácticas de la prescripción por el médico tratante y declarada en el expediente clínico (Leyva-López *et al.*, 2022). Esta información se transcribe en un formato que

facilita la comunicación con el personal de enfermería y con el servicio de farmacia (Figura 1). Una vez que la información llega al servicio de farmacia, el profesional farmacéutico elabora el perfil farmacoterapéutico con los medicamentos prescritos y administrados. Si el resultado de la evaluación indica la existencia de un problema relacionado con los medicamentos o resultados negativos a la medicación se informa al médico prescriptor con el fin que este determine las acciones a seguir. Si no se encontró alguna incidencia, entonces se procede a la distribución y posterior administración de los medicamentos. Este proceso tiene como objetivo que cada paciente reciba los medicamentos apropiados para sus necesidades clínicas, en las dosis correspondientes a sus requisitos individuales, durante un período adecuado de tiempo y al menor costo posible.

ENFOQUE DONABEDIAN PARA EL PROCESO DE LA IPM

En nuestro país existe un rezago en el cumplimiento de los elementos medibles de la IPM y la farmacovigilancia. Por tal razón, la innovación y el desarrollo de procesos farmacéuticos clínicos representan áreas de oportunidad para los profesionales de la salud en la mejora los servicios. Por esta razón, es recomendable tomar en cuenta las dimensiones, estructura, procesos y resultados para el diagnóstico situacional; la planeación, la ejecución y las evaluaciones periódicas de un proceso. Este enfoque, propuesto por el profesor Avedis Donabedian, coincide con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, con el Modelo Nacional de Farmacia Hospitalaria, con el Modelo, y con el objetivo de mejorar la calidad de la atención médica (Consejo de Salubridad General, 2018).

DIMENSIÓN ESTRUCTURA DE LA IPM

En la Tabla 1 se muestran algunos ejemplos de los elementos considerados estructurales, que deben ser en la cantidad necesaria y con la cualificación adecuada para brindar el servicio. Por esta razón, se recomienda que el personal cuente con la

Recursos humanos	
	Cantidad
	Cualificación
	Disponibilidad
	Distribución
	Disciplina
	Organización
Recursos físicos	
Instalaciones	Dimensiones
	Servicios
	Ubicación
	Distribución
Insumos	Cantidad
	Calidad
	Disponibilidad
	Costo
Equipos	Cantidad
	Calidad
	Disponibilidad
	Distribución
Recursos financieros	
	Cantidad
	Disponibilidad
	Distribución
Recursos organizacionales	
	Marco legal
	Procedimientos normalizados de operación
	Guías de práctica clínica
Sistema de información	
	Disponibilidad
	Calidad
	Tecnologías de la información y la comunicación

Tabla 1. Dimensión Estructura de la idoneidad de la prescripción de medicamentos. Se muestran algunos recursos considerados como elementos estructurales que son necesarios en para la puesta en marcha del proceso de idoneidad de la prescripción.

certificación de las competencias correspondientes al perfil del puesto. Además, es pertinente ubicar de manera óptima al personal que participa en cada paso del proceso, teniendo en cuenta la disciplina profesional, la experiencia y el compromiso.

Con respecto a la organización institucional en nuestro país, la farmacia hospitalaria está en el área administrativa debido a las actividades relacionadas con la adquisición y la distribución de insumos para la salud. Pero, con el fin de cumplir con los elementos medibles del estándar MMU 6.5, es recomendable que la farmacia esté integrada en las áreas clínicas.

De esta manera, el personal de enfermería, los médicos y los farmacéuticos podrán participar en el proceso de IPM de forma armonizada.

Otro elemento estructural es la participación del Comité de Farmacia y Terapéutica (COFAT), que dará seguimiento a las iniciativas de mejora continua de calidad del servicio de farmacia. Para que las iniciativas tengan un enfoque sistémico, es recomendable que el Comité sea dirigido por el director del hospital, quien vigilará el cumplimiento de las recomendaciones.

Por otra parte, los recursos físicos como instalaciones, insumos, equipos y financiamiento siempre son limitados. Por esta razón, se deberá tener en cuenta el número de pacientes, el número de servicios, los grupos etarios, los grupos de medicamentos, etc., que participarán en el programa piloto.

Con respecto a la documentación, se recomienda la elaboración de los Procedimientos Normalizados de Operación. Estos documentos contienen el objetivo, el alcance, las responsabilidades, el desarrollo del proceso, las referencias bibliográficas, los anexos y el control de cambios. Además, definen los qué, quién, cómo, cuándo y dónde de cada una de las actividades.

DIMENSIÓN PROCESOS DE LA IPM

En la Tabla 2 se muestran algunos de los elementos considerados en el proceso. En esta dimensión se establecen los indicadores para evaluar la ejecución de los procesos. Por esta razón, es recomendable que los indicadores tengan validez, confiabilidad, especificidad, sensibilidad, mensurabilidad, relevancia, buena relación costo-efectividad y sencillez.

Por otra parte, para que los medicamentos prescritos cumplan con sus objetivos, se requiere que haya una comunicación efectiva entre el farmacéutico y el médico. El cambio en la prescripción puede llevar a modificaciones en la administración de los medicamentos; por lo tanto, también es requerida una comunicación efectiva con el personal de enfermería.

Desarrollo del proceso de atención médica
Calidad
Calidez
Acceso
Desarrollo del proceso de comunicación
En la información de datos
Entre profesionales
Entre los profesionales y los pacientes o cuidadores
Institucional
Aplicación del marco legal
Cumplimiento del marco legal
Aplicación de procedimientos normalizados de operación
Cumplimiento de objetivos y metas
Cumplimiento de indicadores
Aplicación del marco legal
Cumplimiento del marco legal
Aplicación de las guías de práctica clínica
Adherencia a las recomendaciones

Tabla 2. Dimensión Procesos de la idoneidad de la prescripción de medicamentos. Se muestran algunos ejemplos considerados como elementos de proceso que son necesarios en para la puesta en marcha del proceso de idoneidad de la prescripción.

DIMENSIÓN RESULTADOS DE LA IPM

En la Tabla 3 se muestran algunos ejemplos de los elementos considerados resultado. Para evaluar el impacto de la implementación de los procesos, es recomendable que se identifiquen beneficios en el paciente tales como la satisfacción y la mejora en la salud. En esta dimensión se debe considerar el impacto del servicio de farmacia en beneficio de la institución hospitalaria, así como el cumplimiento de la misión y la certificación institucional.

Lo descrito anteriormente nos ofrece una propuesta general, pero pertinente, para los profesionales que desean implementar el proceso de la IPM.

R E F E R E N C I A S

Atonal-Flores F, Bastida-Herrera J y López-López J (2017). Los errores de medicación en México y la calidad de los servicios farmacéuticos. *Elementos* 108:47-53.

Resultados con el paciente o cuidadores
Conocimiento sobre el servicio otorgado
Mejoramiento de la salud
Satisfacción de la atención recibida
Resultados Institucionales
Apego a la misión institucional
Certificación institucional
Desarrollo de capital humano
Mejoramiento en la calidad de la información
Mejoramiento e innovación en los procesos
Eficiencia en el presupuesto

Tabla 3. Dimensión Resultados de la idoneidad de la prescripción de medicamentos. Se muestran algunos ejemplos considerados como elementos de resultado que son necesarios para la puesta en marcha del proceso de idoneidad de la prescripción.

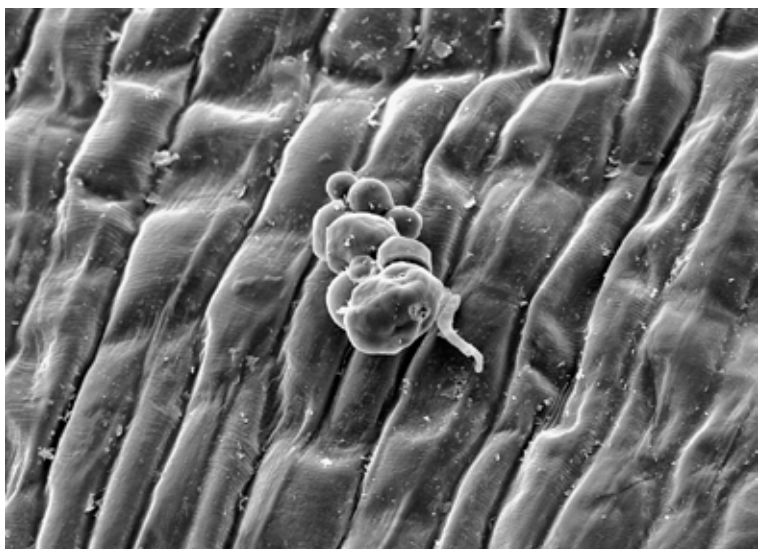
Santos-Preciado J y Anaya-Núñez R (2019). La Certificación de establecimientos de atención médica en México. *Boletín CONAMED* 4:1-6.

Leyva-López Y, Torres-Peláez M, Guerrero-Barrera A y Padilla-Flores I (2022). Validación de la idoneidad de la prescripción médica en pacientes cardiopatas. *Arch Cardiol Mex* 92 (1):75-84.

Consejo de Salubridad General (2018). Manejo y uso de medicamentos. En *Comisión de establecimientos de atención médica* (Ed.), *Estándares para Implementar el Modelo en Hospitales*. SINACEAM (pp 43-72), México.

Alfonso Díaz
Juan Bastida-Herrera
Gustavo López-López
Facultad de Ciencias Químicas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
jose.lopez@correo.buap.mx

© **Luz Noyola-Méndez**. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



Dale, dale, dale, no pierdas el tino

Escribir: ¿placer o suplicio?

Carlos Arturo **Aguirre Salado**

Escribir puede ser un placer o un suplicio. Cuando se tiene la idea clara de lo que se quiere decir, escribir puede ser un proceso emocionante y hasta cierto punto estimulante. Pero cuando se tiene que escribir, y lo que se desea describir es una nebulosa de ideas, el problema se complica.

En vísperas de las fiestas decembrinas, en las posadas nos invitan a pegarle a la piñata para recoger los dulces una vez que salen volando después del golpe de gracia; la escritura es algo similar. Cada oración que se logra escribir representa el acto de mover el palo con la intención de pegarle a la piñata, ya sea con el logro de pegarle, o simplemente con el movimiento realizado con la mera intención de pegarle.

Pegarle a la piñata, representa el acto de escribir un enunciado acertado a lo que la temática del documento requiere. Cuando solo movemos el palo, sin lograr pegarle a la piñata, el símil se establecería con aquellos enunciados que si bien hablan del tema de interés, carecen de una estructura objetiva.

Escribir bien implica quitarse el velo de los ojos, ver la piñata, contemplarla y pensar en el momento justo para darle el primer golpe contundente que la cimbre. Esto sería equiparable a la selección de una oración corta, que exprese sin miramientos y de forma certera aquello que se desea comunicar.

El siguiente golpe a la piñata podría ser con la misma fuerza que el anterior, pero tal vez la piñata se mueva y no lo daremos con la misma precisión o certitud. Sin embargo, este segundo golpe tendrá que ser para complementar el primer golpe contundente que se le dio a la piñata. Esto ilustra la cascada de enunciados que se deben seguir escribiendo para nutrir el párrafo que se está construyendo, y en el que ciertamente la última oración tendrá que ser contundente, como el sello de oro del párrafo para que quede completo y estructurado. Estas reglas generales para escribir permiten visualizar al proceso de escritura de una forma creativa y apasionante, donde cada palabra encuentra un porqué de su ubicación dentro de la oración, y la oración dentro del párrafo, y más aún, el párrafo dentro del documento completo.

Cuando un profesor recibe un texto de su estudiante como evidencia de una tarea, ensayo, reporte, etc., es probable que pueda ver cómo esos palos de ciego le quieren dar a la piñata; es decir, esos movimientos con la intención de pegarle a la piñata que se materializan en las líneas que leemos. Sabemos que va por ahí, pero el mensaje en concreto que debería tener cada párrafo, no lo vemos. Se habla del tema, las palabras clave están ahí, pero a la hora de leerlas en conjunto surge una pregunta en la mente del lector: ¿qué es lo que quiso decir? El trabajo del mentor consiste en entrar a esa nebulosa de términos relacionados, cual niño que toma sus bloques de *Lego* para lograr construir algo lógico y estructurado.

Entonces, ¿cómo podemos escribir de una forma clara y concisa?, ¿será que tengamos que tener una cualidad innata para lograrlo? Sin duda, escribir es una empresa no sencilla pero tampoco imposible. Escribir de forma clara implica seleccionar palabras acordes con el campo del conocimiento que nos ocupe para referirnos a objetos de estudio, materiales, metodologías, procedimientos, y resultados. El primer paso para lograrlo es empaparse de la jerga empleada en el campo del conocimiento, para lo cual se deben leer los documentos más

influyentes que traten sobre el tema en cuestión. Escribir de forma concisa es expresar brevemente, sin rodeos, hechos contundentes, apoyados en los resultados obtenidos después de haber aplicado la metodología seleccionada.

Escribir bien es una cualidad con la que no se nace, sino que se va adquiriendo con el tiempo, ya sea al arrastrar el lápiz, al presionar las teclas o, mejor aún, al dictarle a la computadora, para después editar lo dictado.

Pero entonces, ¿cómo logro escribir bien? La respuesta es... escribiendo. ¡Pero no se me ocurren ideas!, Entonces, lee. Escucha lo que otros autores dijeron sobre el tema que desees desarrollar, tal vez después de ejercitar el pensamiento a través de la lectura de sus escritos tendrás algo que decir a través de la escritura.

Podrás crear un diálogo virtual entre lo que los autores te quisieron decir y lo que tú desees expresar en estos momentos en el formato de escritura científica, para que finalmente se logre una fluidez propia de las ideas.

Lo primero que logramos escribir no pareciera tener los finos detalles encontrados en la escultura “El pensador”, creada por Auguste Rodin (Morey, 1918); sin embargo, un proceso de reorganización de ideas, de afinación del pensamiento, solamente se obtendrá con un desarrollo iterativo que redunde en la perfección, en la delicadeza de lo bello.

ESTRATEGIAS PARA LA ESCRITURA CIENTÍFICA Y NO MORIR EN EL INTENTO

En el proceso creativo de escritura es importante tener una imagen clara de lo que se desea expresar. Tal vez ya tenemos la imagen en nuestra mente, pero vaciarla a simples y llanas letras puede ser un proceso no tan sencillo. Es por ello que aquí comparto algunas estrategias útiles para la realización de escritura analítica.

Es sencillo caer en la tentación de buscar un término en Google, encontrar un documento de cualquier fuente en Internet, y desear utilizarlo como información primordial para realizar los primeros bosquejos del tema que se desea desarrollar. En

Internet abunda información verificada y no verificada. ¿Cómo saber si la información que estamos leyendo es verificada? No lo sabemos. Sin embargo, el uso de plataformas para la búsqueda de información especializada (Web-of-Science o Scopus, por ejemplo) será fundamental para conseguir literatura revisada por pares (arbitrada) que nos permita encontrar aquellos artículos de investigación relacionados con el tema de interés, y que, si los ordenamos por relevancia o número de citas, obtendremos en el primer 20 % de los mismos, el 80 % del conocimiento de la temática, según la ley de Pareto (Ferone *et al.*, 2018).

Si leemos los documentos arbitrados más influyentes y relevantes, seguramente mejoraremos nuestra posibilidad de tener un conocimiento de base pertinente para poder representar en el texto, más rápido y mejor, el mapa mental del tema que deseamos describir.

Normalmente, un texto que vemos publicado en un documento viene en blanco y negro. Sin embargo, los procesadores de texto o lectores de formato PDF actuales nos ofrecen una variedad de herramientas que nos permiten colorear el texto de manera interactiva. Podría mencionar tres lógicas para usar colores en la tarea de identificar puntos clave de un documento: 1) identificación de la pertenencia/pertinencia de los enunciados con respecto a las diferentes secciones del manuscrito; 2) identificación del tipo de enunciados que nutren el párrafo, como oración de apertura de la idea, complemento de la apertura de la idea, ejemplos de la idea y oración de cierre, y 3) para el caso de los textos en inglés, es importante asegurar la perfecta comprensión de las ideas expuestas, de la jerga del lenguaje empleada en el área del conocimiento, por lo que aquí el color puede ser usado para la identificación del papel que juega cada término dentro de la oración (principalmente sustantivo, verbo, preposición).

La primera idea que venga a nuestra mente probablemente carezca de detalles, pero si la escribimos le daremos la oportunidad a nuestra mente de perfeccionarla en el texto. El proceso de escritura analítica se resume en la siguiente secuencia

iterativa: escribir, leer, reorganizar; volver a leer lo escrito, escribir un poco más, reorganizar nuevamente, y volver a leer lo escrito, mejorándolo en cada iteración, hasta que no haya algo que mejorar. Dejemos de entregar lo primero que escribimos. Leámoslo siguiendo el compás o ritmo que nos marcan los signos de puntuación, y si no hemos colocado alguno de ellos, aún lo podemos hacer. Aprovechemos el poder de los signos de puntuación, principalmente el del punto (seguido y aparte) y la coma, para darle énfasis, estructura, e incluso un estilo y sello propio a nuestra escritura científica.

¿CÓMO EVALUAR SI UN PÁRRAFO TIENE ESTRUCTURA?

Otro ejemplo navideño del que se podría extraer una metáfora sobre el proceso de escritura es el árbol de navidad. Un párrafo bien escrito tiene un mensaje claro que dar. Una forma de identificar este mensaje dentro de un párrafo es pensar que estamos observando un árbol de navidad en todo su esplendor. La primera oración debe ser el tronco de ese árbol de navidad, es decir, la idea principal en un tono enfático. La segunda oración (primera rama del árbol de navidad) deberá redactarse para complementar la primera oración del párrafo. La tercera oración (segunda rama del árbol de navidad) complementará desde otro enfoque a la primera oración. La cuarta oración (tercera rama del árbol de navidad) complementará desde otro ángulo a la primera oración.

Tal vez alguien preguntará: ¿y dónde se van a colocar las esferas de dicho árbol navideño? Esas esferas serán la materialización de los datos duros (datos cuantitativos) que podemos encontrar en fuentes diversas de información como anuarios, artículos científicos, libros, y nos pueden servir para incrementar el contenido de información de nuestro párrafo; de esta manera daremos al lector un aire de frescura y novedad al compenetrarse en la información que está leyendo.

La creatividad con la que se pueda ir construyendo ese párrafo en forma de árbol de navidad y

la riqueza de datos duros que se le vayan incorporando harán que se trate de un párrafo digno de ser mantenido en una hoja de papel. Una última oración de desenlace u opinión propia, aunque en formato impersonal, no le vendría mal a nuestro párrafo para enfatizar al lector sobre lo que nosotros realmente pensamos de lo que acabamos de compartir en las líneas anteriores. No existe un número mínimo o máximo de oraciones que deban ir en un párrafo de un texto científico. Sin embargo, se debe privilegiar la sencillez, la estructura, la claridad de las palabras y la no redundancia. Entre cuatro y seis oraciones sería un número óptimo para la construcción de un párrafo de un texto científico (The Upwork Team, 2022). El autor es libre de tomar este ejemplo; sin embargo, lo que siempre se debe privilegiar es la precisión del mensaje escrito.

¿POR QUÉ UN TEXTO BIEN ESCRITO PUEDE TAMBIÉN SER INEFICAZ?

Escribir bien no solo es lograr un texto libre de errores gramaticales. A veces, aunque esté escrito de manera impecable, un texto puede no cumplir el propósito principal de comunicar de manera clara y persuasiva. Un texto bien escrito puede ser ineficaz si no se tiene en cuenta al público objetivo, si carece de una estructura clara o si se pierde en detalles irrelevantes. La clave está en lograr un equilibrio entre la calidad de la escritura y la capacidad de transmitir el mensaje de manera efectiva.

¿QUÉ SIGNIFICA “ESCRIBIR BIEN” EN CIENCIA?

Escribir bien en el contexto científico implica desarrollar de manera profunda la habilidad de comunicación escrita de la forma más clara, apoyada en hechos o datos reales, y mantener un estilo conciso al presentar alguna temática, metodología, descubrimiento, argumentación, etcétera. En la difusión y divulgación de la ciencia se trata de compartir conocimientos y descubrimientos de manera comprensible para los demás.

Así que debemos evitar el uso de palabras complicadas que solo confundan a los lectores. La ciencia se basa en la evidencia y el razonamiento lógico. Por lo tanto, al escribir, debemos respaldar nuestras afirmaciones con datos, estudios y experimentos relevantes. No basta con expresar opiniones o ideas vagas, sino que debemos presentar pruebas sólidas que respalden nuestros planteamientos. Los artículos mejor escritos son los que tienen mayores posibilidades de ser aceptados para publicación y, eventualmente, de ser más citados (Sawyer *et al.*, 2008).

¿ESCRIBIR BIEN SIGNIFICA LO MISMO PARA TODAS LAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO?

No. Hynninen y Kuteeva (2017) analizaron las opiniones de 27 investigadores finlandeses y suecos que se dedican a la historia y a las ciencias de la computación, y encontraron que los historiadores consideran que un escrito es bueno cuando es bonito y elegante; mientras que los especialistas en ciencias de la computación coincidieron en que un buen escrito es aquel que es claro y lingüísticamente correcto. Según los historiadores, un texto bonito o bello es aquel que tiene la capacidad de comunicar emociones, despertar la imaginación y crear una experiencia estética memorable, mientras que un texto elegante es aquel que se caracteriza por un vocabulario cuidadosamente seleccionado, estructuras sintácticas bien construidas, claridad y concisión, coherencia y fluidez, así como por la expresión de un estilo personal y original. La elegancia en un texto refleja la habilidad del escritor para comunicarse de manera sofisticada y refinada, dejando una impresión duradera en el lector.

Para el caso de los especialistas en ciencias de la computación, un texto claro debe tener una estructura organizada, un lenguaje sencillo y breve, ser coherente, fluido y sin ambigüedades. El término “lingüísticamente correcto” se refiere a que las estructuras gramaticales, la sintaxis, el vocabulario y la puntuación utilizadas en el texto sean apropiadas y coherentes. Estas características parecen diametralmente opuestas, pero no lo son.

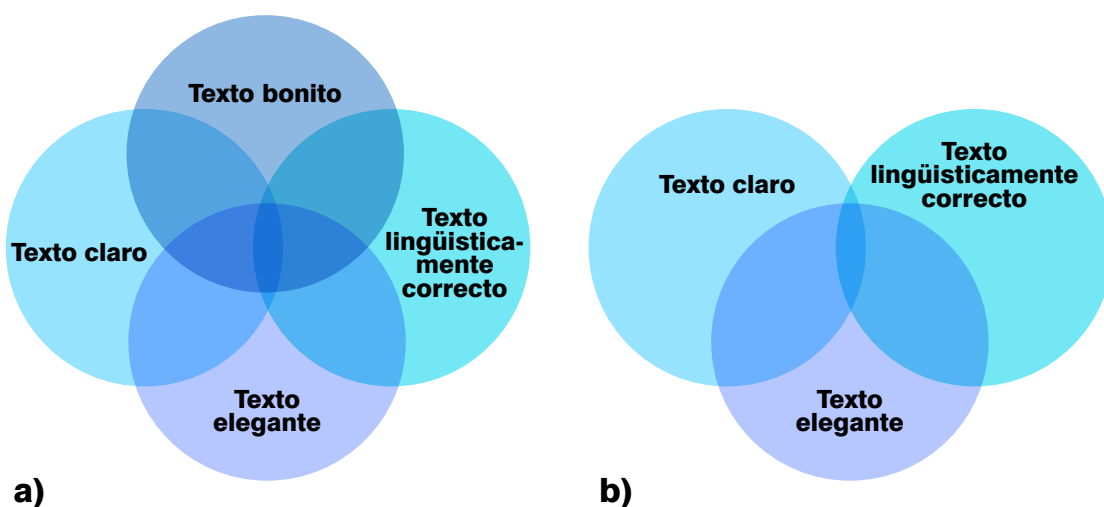


Figura 1. Texto bien escrito. a) Historiadores y b) Ciencias de la Computación. Elaboración propia con ideas de Hynninen y Kuteeva (2017).

A todas luces, se pueden conjuntar los adjetivos bonito, elegante, claro y la expresión lingüísticamente correcto, para obtener textos que resulten efectivos para lectores en el área de las ciencias sociales (Figura 1a), pero también resulta interesante ver que se puede lograr un texto claro, elegante y lingüísticamente correcto para especialistas en ciencias duras (Figura 1b).

¿CÓMO LOGRAR LA MÁXIMA CLARIDAD, PRECISIÓN Y CONCISIÓN EN LA ESCRITURA CIENTÍFICA?

La claridad se alcanza utilizando un lenguaje sencillo y directo, evitando palabras complicadas, tratando de expresar nuestras ideas de manera simple y estructurada. La precisión se logra al respaldar nuestras afirmaciones con hechos y evidencia confiable. No nos quedemos solo en generalidades, sino proporcionemos detalles específicos y datos concretos que respalden nuestros argumentos. Recordemos que la ciencia y cualquier otro campo requiere de una base sólida de evidencia para respaldar las afirmaciones que se realicen. Evitemos la redundancia y el relleno.

Eliminemos las palabras o frases que no aporten información relevante. Mantengamos breves nuestras oraciones y párrafos. Utilicemos el recurso del punto y seguido para acortar oraciones y darles un mayor énfasis.

Asegurémonos de que cada palabra cuente y contribuya a la comprensión global de nuestro mensaje. Además, es útil revisar y editar nuestra escritura, por lo que, después de terminar el primer borrador, conviene que descansemos unos días antes de volver a revisarlo en busca de posibles mejoras. Leamos nuestro texto en voz alta para detectar confusiones o frases complicadas. Pidamos a otras personas que lo lean y nos brinden comentarios honestos. El tener una perspectiva externa puede ayudarnos a identificar áreas de oportunidad en nuestro escrito.

Si el idioma de la escritura es nuestra lengua madre, llevamos una ventaja. Pero si es otro idioma, estaremos en una posición de cierta desventaja. Ljutić (2022) menciona que los artículos escritos por personas que no dominan la lingua franca (*i.e.*, inglés), contienen una pobre argumentación y un limitado poder de convencimiento, vocabulario académico deficiente y una escasa conciencia de escritura enfocada en el lector.

Estas, sin embargo, son habilidades que definitivamente se pueden desarrollar y consolidar con la práctica; siempre, en caso de duda, podemos utilizar los servicios editoriales que ofrecen las mismas revistas de investigación para mejorar nuestros escritos.

¿POR QUÉ EL ABUSO DEL EMPLEO DE ADJETIVOS Y ADVERBIOS ES PERJUDICIAL PARA LA ESCRITURA CIENTÍFICA?

La escritura científica debe ser lo más neutral posible. Existen tres formas de dar un mensaje. La forma positiva u optimista, la forma negativa o pesimista, y la forma neutral o imparcial (Medhat *et al.*, 2014).

Cuando escribimos un reporte técnico o un trabajo de investigación, debemos privilegiar el uso del estilo neutral, para que los datos duros obtenidos como resultado del procesamiento de la información hablen por sí solos.

Si caemos en el uso excesivo de adjetivos y adverbios, corremos el riesgo de introducir sesgos en el mensaje que se desea comunicar.

La escritura científica se basa en la consistencia de las evidencias y la lógica de los razonamientos, más que en palabras intensas y frases llenas de adornos.

¿QUÉ ESTÁN HACIENDO LOS PROFESORES PARA QUE APRENDAMOS A ESCRIBIR?

Existe una gran cantidad de documentos que estudian el tema de la escritura desde diferentes enfoques. Sin embargo, uno de los documentos más notables es “The writing spiral” de Traci Giuliano¹, publicado en *Frontiers in Psychology*, en el cual se ofrece una guía para la escritura y se lleva de la mano al estudiante enseñándole los aspectos necesarios para lograr que sus escritos terminen en productos listos para enviar a una revista de investigación (Giuliano, 2019).

La tarea de escribir es una empresa compleja que muchas veces está influenciada por temas motivacionales. Por ejemplo, Sanders-Reio *et al.* (2014) estudiaron el efecto de las creencias relacionadas con la eficacia, el miedo y el desempeño previas a la escritura.

Ellos encontraron que existe una conexión afectiva entre lo que se piensa sobre el hecho de escribir

y la escritura en sí. También encontraron que el desempeño de la escritura está relacionado con la disposición del estudiante a recibir retroalimentación del escrito, probablemente fomentado por la creencia de que los buenos escritores escriben bien a la primera.

Ellos también recomiendan una serie de técnicas para disminuir el efecto negativo de estos lastres emocionales y creencias negativas en torno a la escritura; una de las estrategias recomendadas por estos autores es escribir menos y leer más.

Y la más interesante que ofrecen es tener menos miedo a cometer errores gramaticales, ya que se pueden generar altos niveles de ansiedad que podrían ser contraproducentes; tales errores, sin duda pueden ser corregidos en sesiones posteriores con las personas involucradas en el escrito.

Otro tema interesante en el proceso de escritura es la percepción de autoeficacia. Cuando se está motivado se pueden lograr grandes cosas, como un escrito listo para publicar.

La autoeficacia se puede cultivar a través de cuatro aspectos fundamentales: a) teniendo experiencias previas de desempeño, *v.gr.*, si se ha escrito algo con anterioridad y se ha logrado el objetivo, entonces tales experiencias reforzarán la percepción de la autoeficacia, b) observando experiencias en personas modelo, *v. gr.*, si se contemplan perfiles de personas con características o perfiles similares y se observa que han tenido un buen desempeño en la escritura, resulta motivador para confiar en alcanzar el logro propio, c) palabras de motivación recibidas por otros sobre la confianza de que se logrará el objetivo, *v. gr.*, si se reciben palabras alentadoras por parte de personas significativas para la persona que debe escribir, se logra consolidar el sentimiento del logro de la meta, y d) vigilando los estados fisiológicos y emocionales de quien debe escribir, los cuales se pueden clasificar en negativos (como fatiga, dolor y estrés) y positivos (como sentirse saludable y relajado) (Van Blankenstein *et al.*, 2019).

CONCLUSIÓN

Tomar los renglones como oportunidades valiosas para decir lo que se quiere es algo que se debe disfrutar. La escritura de las ideas debe, por tanto, ser el medio para apropiarnos del espacio de las mismas ideas imprimiendo nuestra personalidad y nuestra esencia.

Debemos evitar a toda costa lo superfluo o lo meramente ornamental. Si le permitimos a nuestra imaginación nutrirse con un poco de creatividad para discutir de una forma novedosa y osada nuestros resultados, y lo compartimos de una forma estructurada, también valdrá la pena leer esos renglones.

Cada espacio, cada coma, cada punto y coma, cada punto y seguido y cada punto y aparte, tienen un valor incalculable a la hora de abordar los detalles más finos de un trabajo. Aprovechar al máximo estos recursos de escritura permitirá lograr una escritura cadenciosa, interesante y estructurada. Animémonos, entonces, a escribir sobre nuestro tema de forma relajada, pero a la vez estructurada, dándole

a los hechos el privilegio de dirigir nuestras ideas. Recordemos que el principal medio de expresión de la ciencia son las palabras. Tal vez así logremos escribir por placer, y no padecerlo como un suplicio.

NOTAS

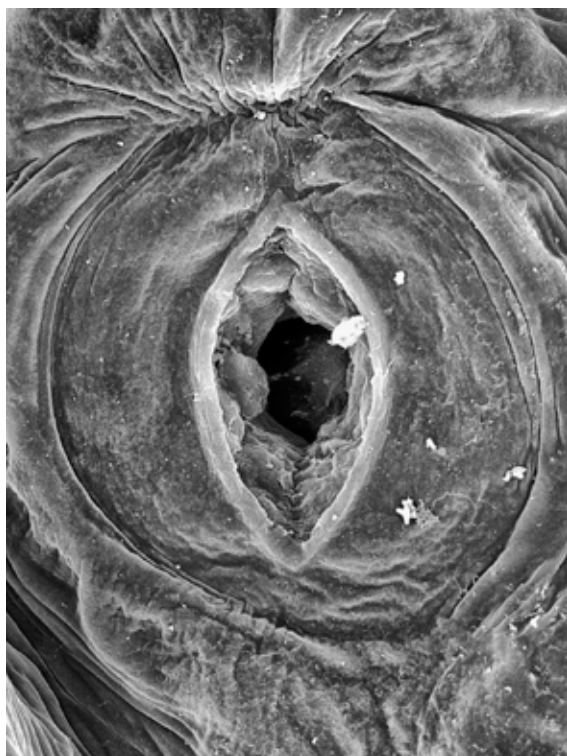
¹ El documento "The writing spiral" es brindado por el doctor Traci Giuliano en este link <https://bit.ly/3PykTv>, y para referenciarlo, se sugiere utilizar el artículo publicado en *Frontiers in Psychology*.

REFERENCIAS

- Ferone E, Pietroni D, Petroccia S and Alberto AA (2018). Organizational innovation: a systemic approach. *International Review of Sociology* 28:419-431.
- Giuliano TA (2019). The "Writing Spiral": a practical tool for teaching undergraduates to write publication-quality manuscripts. *Frontiers in Psychology* 10:915.
- Hynninen N and Kuteeva M (2017). "Good" and "acceptable" English in L2 research writing: ideals and realities in history and computer science. *Journal of English for Academic Purposes* 30:53-65.
- Ljutić MC (2022). The art of academic and scientific writing in English. *Policija i sigurnost*, 31(3):338-347.
- Medhat W, Hassan A and Korashi H (2014). Sentiment analysis algorithms and applications: A survey. *Ain Shams Engineering Journal* 5:1093-1113.
- Morey C (1918). The Art of Auguste Rodin. *The Bulletin of the College Art Association of America* 1:145.
- Sanders-Reio J, Alexander PA, Reio TG and Newman I (2014). Do students' beliefs about writing relate to their writing self-efficacy, apprehension, and performance? *Learning and Instruction* 33:1-11.
- Sawyer AG, Laran J and Xu J (2008). The readability of marketing journals: are award-winning articles better written? *Journal of Marketing* 72:108-117.
- The Upwork Team (2022). How Many Sentences Should a Paragraph Really Have? Recuperado de <https://bit.ly/3RllaZ4>.
- Van Blankenstein FM, Saab N, Van Der Rijst RM, Danel MS, Bakker-van Den Berg AS and Van Den Broek PW (2019). How do self-efficacy beliefs for academic writing and collaboration and intrinsic motivation for academic writing and research develop during an undergraduate research project? *Educational Studies* 45:209-225.

Carlos Arturo Aguirre Salado
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
carlos.aguirre@uaslp.mx

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

