



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- **Medicamentos como contaminantes**
- **Mujeres universitarias, deporte y emociones**
- **Tuberculosis resistente al tratamiento**



Año 27,
Número 123
enero - febrero 2024



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa Martínez Torres
Editora

Consejo Editorial

Dr. Sergio Estrada Parra (Instituto Politécnico Nacional, México) /
Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad
Autónoma de Nuevo León, México) /
Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores *Asistente administrativo:* Claudia Moreno Alcocer
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González *Portada:* Francisco Barragán Codina
Corrector de inglés: Mariana Sofía Saucedo Leal *Webmaster:* Mayra Silva Almanza
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 27, N° 123, enero-febrero de 2024. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Editora responsable: Melissa Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102, ISSN impreso: 2007-1175, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E y Licitud de Título y Contenido: en trámite. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 10 de enero de 2024, tiraje: 1,400 ejemplares.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2024

revista.ciencia@uanl.mx

Ciencia UANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

6 EDITORIAL

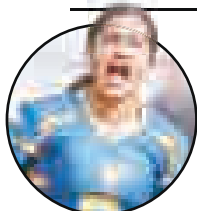
8 CIENCIA Y SOCIEDAD



Medicamentos y sus consecuencias como contaminantes emergentes

María E. Zarazúa-Morín(+), María Rocío Alfaro-Cruz, Leticia Myriam Torres-Martínez

16 OPINIÓN



Mujeres universitarias, deporte y emociones

Daniela Miranda-Rochín, Abril Cantú-Berrueto, Jeanette M. López-Walle

24 EJES



Prueba genética preimplementación. Enfermedades genéticas a punto de extinción

Melissa Astrid López-García, Selene Marysol García-Luna, Cristina Aidé Ramírez-Colunga

30 SECCIÓN ACADÉMICA

31

Neurofibromatosis tipo I. Etiología, diagnóstico y tratamiento

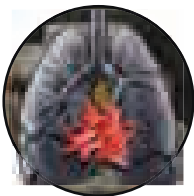
Fernanda Deloya-Ardón María, Axel García-Burgo

37

Tuberculosis extrapulmonar: más allá de un pulmón

Aejandra Montoya-Rosales, Cindy Paola Salazar-Cepeda

44 CURIOSIDAD



Tuberculosis resistente al tratamiento

Ana L. Granados-Tristán, Laura A. González-Escalante, Katia Peñuelas-Urquides

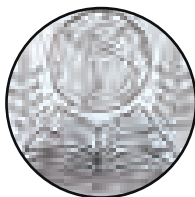
52 CIENCIA DE FRONTERA



Matemáticas aplicadas para enfrentar retos biológicos: la propuesta interdisciplinaria de Ernesto Pérez Rueda

María Josefa Santos-Corral

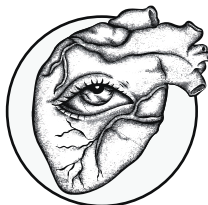
66 SUSTENTABILIDAD



Educación para la sustentabilidad

Pedro César Cantú-Martínez

76 CIENCIA EN BREVE



De células, sueño, corazón y envejecimiento

Luis Enrique Gómez Vanegas

85 COLABORADORES

La salud humana y la salud planetaria en la atención médica. La dualidad en el cuidar

123

EDITORIAL

Guillermo Elizondo Riojas*

* Universidad Autónoma de Nuevo León,
San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: guillermo.elizondor@uanl.mx

Leyendo uno de los artículos de este número, me puse a reflexionar sobre el efecto que tiene todo lo que hacemos en los sistemas de salud en el medio ambiente. De hecho, en un congreso internacional al que asistí recientemente, se dedicaron varias sesiones al impacto de nuestra especialidad, en mi caso Radiología, en la contaminación ambiental y de cómo podríamos mitigar estos efectos. El tema no es nuevo, inclusive he dedicado al menos un par de episodios de mi podcast *Memorandum* a estos temas, tanto al efecto de lo que hacemos, como a lo que sucede, por ejemplo, con los medios de contraste que inyectamos a nuestro pacientes para realizar estudios de imagen, que se desechan por la orina, y pasan al sistema de reciclado de agua, sin que existan realmente filtros o tratamientos específicos para eliminar estos residuos.

Es entonces interesante darnos cuenta de que, en el mundo de la atención médica, donde la ciencia y la humanidad se unen en la noble misión de curar y cuidar, emerge una paradoja crítica pero a menudo ignorada: el impacto ambiental del sector de la salud. Esta realidad plantea una pregunta incómoda: ¿estamos comprometiendo la salud de nuestro planeta en el proceso de salvaguardar la salud humana?

Imaginemos los pasillos estériles de hospitales y clínicas, donde la generación de residuos médicos es una constante. Estos desechos, desde jeringas hasta vendajes contaminados y compuestos farmacéuticos, se acumulan en cada quirófano, en cada unidad de terapia intensiva, en cada habitación, reflejando nuestras luchas contra la enfermedad. Pero la acumula-

ción trae consigo una serie de consecuencias ambientales. La disposición inadecuada de estos materiales inicia una cascada de contaminación que penetra en el suelo, el agua y el aire, presentando riesgos inadvertidos para el medio ambiente y la salud pública.

Los hospitales y clínicas, perpetuamente activos, son los principales protagonistas de esta situación, pero no los únicos. Su operación continua, vital para la atención de pacientes, conlleva un consumo masivo de energía. Esta demanda energética no sólo eleva las emisiones de gases de efecto invernadero, también alimenta el cambio climático, una amenaza creciente para la salud global.

Por otro lado, pensemos en todos los medicamentos vertidos (incluso por nosotros mismos, en la orina, por ejemplo), en el agua, alterando los ecosistemas acuáticos y entrando en la cadena alimentaria de los organismos que ahí se encuentran. Incluso en pequeñas dosis, su impacto es profundo. Paralelamente, los productos de un solo uso, cruciales para la higiene y la prevención de infecciones, se acumulan como desechos plásticos, liberando toxinas y microplásticos en el medio ambiente.

Ante estos desafíos, el sector de la salud se enfrenta a la urgente necesidad de reinención. La adopción de materiales sostenibles, estrategias de reciclaje, educación ambiental y políticas más estrictas son pasos hacia una atención médica que beneficie tanto a los pacientes como al planeta. Este cambio de paradigma implica ver la salud humana y la salud planetaria como inseparables, y actuar en consecuencia.

Esto no es sólo un llamado a la conciencia, es una invitación a la acción. En la intersección de la salud humana y planetaria, cada decisión, acción cuenta. Como guardianes de la salud y el bienestar, debemos esforzarnos por curar no sólo a los individuos, también al planeta en el que habitamos. La salud de nuestro mundo y sus habitantes están entrelazadas, sólo a través de esfuerzos concertados y sostenidos podemos aspirar a sanar ambos.

En conclusión, considero de suma importancia analizar la huella ambiental del sector de la salud. Al hacerlo, podemos avanzar hacia un futuro donde cuidar de la salud humana también signifique cuidar del planeta que nos sostiene. La atención médica, en su esencia, es un acto de cuidado y compasión, es hora de extender ese cuidado a nuestro entorno natural.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Ciencia y Sociedad

Medicamentos y sus consecuencias como contaminantes emergentes

María E. Zarazúa-Morín(†) María Rocío Alfaro-Cruz* Leticia Myriam Torres-Martínez**

ORCID: 0000-0003-3328-0240

ORCID: 0000-0002-7306-2240

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.123-1>

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México. Contacto: MALFAROC@uanl.edu.mx

**Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. Chihuahua, México. Contacto:lettorresg@yahoo.com



CONTAMINANTES EMERGENTES: MEDICAMENTOS

Cuando hablamos y escuchamos de la contaminación ambiental, siempre hacemos referencia a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de gases de efecto invernadero, los cuales han afectado gravemente a la humanidad. Sin embargo, una gran parte de ella proviene de los procesos industriales y de los desechos que nosotros generamos cada día. En este sentido, los residuos provenientes de industrias textiles y farmacéuticas, hospitales, hogares, o productos de cuidado personal, son considerados contaminantes emergentes. Éstos no pueden eliminarse fácilmente en las plantas de tratamiento o purificadoras de agua, ya que en su mayoría tienen estabilidad química.

Desafortunadamente no están regulados o normados, y no cuentan con un límite de descarga establecido por alguna institución, por lo que su presencia en cuerpos hídricos y suelos puede exceder los límites permitidos a una persona (Delgado-Ortega, 2016). Es por esto que las organizaciones reguladoras los clasifican como un problema prioritario, debido a que causan un efecto negativo a largo plazo en la biodiversidad, los hábitats, el desarrollo de resistencias bacteriológicas, entre otras (Villota, Lomas y Camarero, 2016).

Dentro de los principales contaminantes emergentes encontramos a los fármacos, compuestos sumamente necesarios en la sociedad. Sin embargo, el cuerpo humano no posee la capacidad de procesarlos totalmente y una buena parte de éstos termina en for-



ma de desecho en diferentes acuíferos, filtrándose en los mantos subterráneos y suelos, perturbando no sólo al ecosistema, también la salud (Wu, Zhang y Chen, 2012), lo que desencadena el consumo de más drogas y nuevamente comienza el ciclo de degradación de agua y suelos.

Los fármacos más empleados son naproxeno, ibuprofeno, diclofenaco, eritromicina, trimetoprima, sulfametoxazol, ciprofloxacina, acetaminofén, etcétera, los cuales, al ser eliminados en cantidades no reguladas, ensucian cuerpos subterráneos y suelos. Por ejemplo, se ha reportado que el diclofenaco daña la reproductividad en algunos peces, sus funciones cardíacas y modifican su comportamiento para nadar, mientras que el naproxeno altera su desarrollo y morfología. Por otro lado, la progesterona es altamente dañina en la fauna acuática, ya que causa la masculinización, disminuye la fertilidad en las hembras y trastorna los genes relacionados con la reproducción. En el caso de algunos microorganismos, se ha encontrado que el ibuprofeno mengua su crecimiento, modifica su estructura y morfología y además decrece las concentraciones de clorofila, inhibiendo el proceso de fotosíntesis. Mientras que el acetaminofén (paracetamol) reduce la acumulación de clorofila y la síntesis de proteínas en las plantas (López-Pacheco *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2021). En la tabla I se presenta un resumen de diferentes productos que adulteran el agua y el suelo.

Durante la pandemia, la Asociación Nacional de Distribuidores de Medicinas (Anadim) reportó que los medicamentos más recetados en México fueron la ivermectina (651.7%), oseltamivir (321.9%), dexametasona (169.9%), azitromicina (75.8%) (Anadim, 2022), ya que todos éstos ayudaban en los síntomas presentados por la enfermedad infecciosa provocada por el virus SARS-CoV-2 (figura 1).

Desde hace años la ivermectina ha sido utilizada en la desparasitación en el sector ganadero, por lo que ya se han investigado las afectaciones que causa en la salud humana y en la biodiversidad (José Manuel *et al.*, 2011). Uno

Tabla I. Productos de cuidado personal, drogas, productos agrícolas, etcétera, contaminantes y nocivos para el ecosistema.

Producto	Uso	Consecuencias	Referencias
Atrazina.	Herbicida utilizado para matar malezas en varios cultivos como caña de azúcar, maíz, piña y sorgo.	<ul style="list-style-type: none"> Alteraciones genéticas. Incrementa la probabilidad de cáncer, angiogénesis y alteraciones neuronales. En cangrejos de agua de río provoca desequilibrio hormonal afectando la reproductividad de la especie. 	(Wirbisky y Freeman, 2017; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Carbendacima.	Fungicida utilizado en agricultura.	<ul style="list-style-type: none"> Alteraciones genéticas. Reduce la tasa de reproducción de los crustáceos planctónicos. Altera el sistema endocrino de las células embrionarias del pez cebra. 	(Jiang <i>et al.</i> , 2014; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Cocaína.	Sustancia ilegal.	<ul style="list-style-type: none"> Altera el transporte de lípidos y la respuesta al estrés en el pez cebra. Modifica el perfil de lípidos, los reguladores de la estructura y las funciones neuronales de los ratones. 	(Lin <i>et al.</i> , 2017; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Anfetaminas.	Sustancia ilegal que estimula el sistema nervioso central.	<ul style="list-style-type: none"> Afecta la hipermovilidad, incrementa el movimiento errático y afecta la dirección en el movimiento del pez cebra. 	(Kyzar <i>et al.</i> , 2013; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Benzoilecgonina.	Analgésico utilizado en la industria farmacéutica.	<ul style="list-style-type: none"> Se puede transmitir a los fetos de rata a través de la sangre materna. En moluscos de agua dulce, afecta la estabilidad de la membrana lisosomal y desequilibra la actividad de las enzimas. 	(Morishima, Okutomi y Ishizaki, 2001; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Triclosán.	Antimicrobial utilizado en productos de cuidado personal, geles antibacteriales, pasta de dientes, etcétera.	<ul style="list-style-type: none"> En cierto tipo de ranas ha afectado la proporción de sexo en las especies, interrumpiendo el desarrollo gonadal. En ratones induce tumores que regulan el proceso que aumenta la síntesis de ADN en el hígado. 	(Chen <i>et al.</i> , 2017; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Lauril éter sulfato de sodio.	Surfactante utilizado en el cuidado personal.	<ul style="list-style-type: none"> Tóxico al unirse a enzimas, proteínas estructurales, o al cambiar la hidrofobicidad de las células bacterianas. Afecta microorganismos acuáticos causando inhibición en el crecimiento de las microalgas marinas. 	(Sibila <i>et al.</i> , 2008; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).

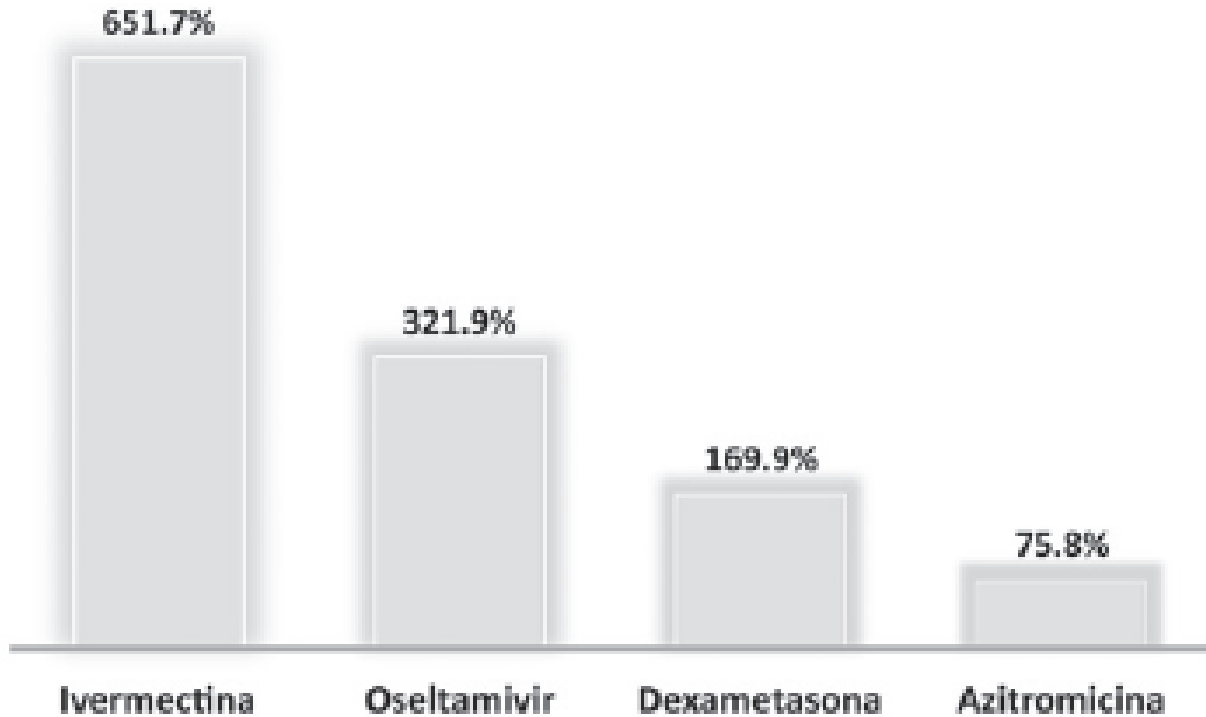


Figura 1. Medicamentos más utilizados en México durante la pandemia (Anadim, 2022).

de sus efectos es la contracción en las tasas de reproducción en avispas, moscas, insectos, lombrices terrestres y ácaros. Mientras que, en peces, como el ceiba, se han encontrado embriones con anormalidades, además de variaciones en las respuestas bioquímicas y de comportamiento (Acevedo-Ramírez y Torres-Gutiérrez, 2020).

Por otro lado, los antidepresivos han intensificado su consumo en los últimos años, éstos permiten el equilibrio en las sustancias químicas del cerebro, ayudando a resolver problemas del estado de ánimo: la depresión, la ansiedad, el dolor y la dificultad para dormir. Sin embargo, al igual que los antes mencionados, los antidepresivos perjudican significativamente a los animales acuáticos

que se encuentran en los efluentes. En 2021, Reisinger y colaboradores reportaron el cambio en el comportamiento de los cangrejos de río expuestos a niveles moderados de citalopram (inhibidor selectivo de la recaptación de serotonina, ISRS). Ya que los cangrejos que estuvieron expuestos a éste pasaron más tiempo buscando comida y menos escondidos, lo que los puede hacer más vulnerables a los depredadores, y por consecuencia estropean los ecosistemas acuáticos (Reisinger *et al.*, 2021).

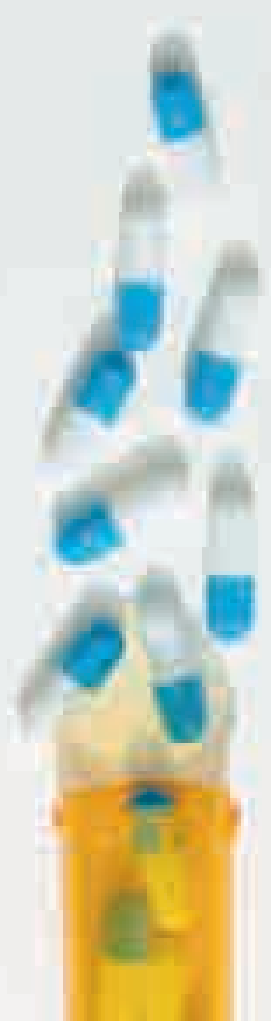
El Prozac o fluoxetina es un inhibidor selectivo de la recaptación de serotonina (ISRS), que puede reducir la capacidad de alimentación de los estorninos, pues al sustentarse de orugas, gusanos

y moscas que se encuentran en diferentes cuerpos de agua, si éstos no están limpios, hay daño en los depredadores. En 2020, Hung Tan y colaboradores encontraron que las aves expuestas al Prozac cambian sus hábitos dietéticos, lo que podría alterar no sólo su peso, también los riesgos que toman o no al buscar comida, además de que modifican su comportamiento social (Tan *et al.*, 2020).

En este sentido, hay una enorme cantidad de medicamentos consumidos diariamente, cuyas consecuencias al medio ambiente cuando son depositados como residuos al agua o al suelo aún no se estudian, por lo que es difícil resumir la cantidad de contaminantes emergentes que se encuentran en los diferentes ecosistemas. Desafortunadamente, toda la polución derivada de estos desechos no será corregida con facilidad, pues con el surgimiento de nuevas enfermedades, por ejemplo, el SARS-CoV-2, una gran parte de la población consumimos antibióticos y medicamentos para el dolor, acentuando así la alteración por fármacos en el agua y suelos.

Asimismo, la pandemia fomentó los casos de depresión en la sociedad en los últimos años (Depresión, 2021), lo que ha provocado un aumento en el consumo de antidepresivos, incrementando a su vez la contaminación en los efluentes previamente corrompidos con productos de uso personal, drogas, analgésicos, medicamentos oncológicos, etcétera.





REFERENCIAS

- Acevedo-Ramírez, P.M. del C., y Torres-Gutiérrez, E. (2020). Efectos ambientales de la ivermectina: un medicamento propuesto para tratar COVID-19. *Nuestra Tierra*. 33:3-6. Disponible en: http://www.erno.geologia.unam.mx/uploads/nuestra-tierra/archivos/33/Revista_Nuestra_Tierra_No.33.pdf
- Asociación Nacional de Distribuidores de Medicinas. (2022). Asociación Nacional de Distribuidores de Medicinas. Disponible en: <https://anadim.mx/>
- Chen, J., *et al.* (2017). Effects of triclosan on gonadal differentiation and development in the frog *Pelophylax nigromaculatus*. *J. Environ. Sci.* 64(2018):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.05.040>.
- Delgado-Ortega, H.S. (2016). *Análisis de la exposición de compuestos emergentes en varios escenarios de usos del agua*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Depresión. (2021). *Organización Mundial de la Salud*. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression>.
- Jiang, J., *et al.* (2014). Fish & Shellfish Immunology Embryonic exposure to carbendazim induces the transcription of genes related to apoptosis, immunotoxicity and endocrine disruption in zebra fish (*Danio rerio*). *Fish Shellfish Immunol.* 41:493500. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.09.037>
- José Manuel, A.-M. *et al.* (2011). Effect of Ivermectin on the Environment. *Revista Científica*. 11: 64-66. Disponible en: www.una.edu.ni/diep/calera.
- Kyzar, E., *et al.* (2013). Behavioral effects of bidirectional modulators of brain monoamines reserpine and d-amphetamine in zebra fish. *Brain Res.* 1527:108-116. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2013.06.033>
- Lin, Y., *et al.* (2017). Cocaine modifies brain lipidome in mice. *Mol. Cell. Neurosci.* 85:29-44. <https://doi.org/10.1016/j.mcn.2017.08.004>
- López-Pacheco, IY., *et al.* (2019). Anthropogenic contaminants of high concern: Existence in water resources and their adverse effects. *Sci Total Environ.* 690:1068-1088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.052>
- Morishima, HO., Okutomi, T., Ishizaki, A. (2001). The disposition of benzoylecgonine in maternal and fetal rats. *Neurotoxicol Teratol.* 23:247-253.

- Reisinger, A.J., *et al.* (2021). Exposure to a common antidepressant alters crayfish behavior and has potential subsequent ecosystem impacts. *Ecosphere*. 12. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3527>
- Sibila, M.A., *et al.* (2008). Ecotoxicity and biodegradability of an alkyl ethoxysulphate surfactant in coastal waters. *Sci. Total Environ.* 394:256-274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.01.043>
- Tan, H., *et al.* (2020). Chronic exposure to a pervasive pharmaceutical pollutant erodes among-individual phenotypic variation in a fish. *Environ. Pollut.* 263:114450. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114450>
- Villota, N., Lomas, J.M., Camarero, L.M. (2016). Study of the paracetamol degradation pathway that generates color and turbidity in oxidized wastewaters by photo-Fenton technology. *J. Photochem Photobiol A.* 329:113-119. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2016.06.024>
- Wirbisky, S.E., Freeman, J.L. (2017). Atrazine exposure elicits copy number alterations in the zebra fish genome. *Comp. Biochem. Physiol C Toxicol. Pharmacol.* 194:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2017.01.003>
- Wu, S., Zhang, L., Chen, J. (2012). Paracetamol in the environment and its degradation by microorganisms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 96:875-884. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4414-4>
- Zhang, L.J., *et al.* (2021). Ecological and toxicological assessments of anthropogenic contaminants based on environmental metabolomics. *Environ Sci. Ecotechnol.* 5:100081. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2021.100081>.

Recibido: 27/11/2022
Aceptado: 12/06/2023

Descarga aquí nuestra versión digital.





MUJERES UNIVERSITARIAS, DEPORTE Y EMOCIONES

Daniela Miranda-Rochín*
ORCID: 0000-0003-3181-6507

Abril Cantú-Berrueto**
ORCID: 0000-0001-6168-1354

Jeanette M. López-Walle**
ORCID: 0000-0003-1552-7756

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.123-2>

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México/
Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.

Contacto: daniela.mirandar@uanl.edu.mx, abril.cantubrr@uanl.edu.mx

** Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

Contacto: jeanette.lopezwl@uanl.edu.mx



Hablar de deporte nos remite a la naturaleza humana de moverse, organizarse y divertirse. El movimiento corporal es un fenómeno que implica al sistema locomotor, el desplazamiento espacial y la intencionalidad, entendiéndose como una vía de crecimiento, maduración, aprendizaje y evolución; sin embargo, durante largo tiempo ha sido un área exclusiva masculina. Por ejemplo, en la antigua Grecia surgieron ciudades que generaban guerreros, tuvieron avances científicos-tecnológicos y estudios relativos al gobierno, la política, ciencia, artes y deporte. No obstante, las tareas se repartían de forma distinta en hombres y mujeres; ellos tenían permitido dedicarse a la política, la ciencia, el arte y el ejercicio, y ellas se desenvolvían de manera exclusiva en tareas del hogar y la crianza de los hijos.

Con el paso del tiempo, las mujeres se han abierto camino en esta área y con ello a otras posibilidades de crecimiento y bienestar. En México, uno de esos hechos históricos se escribió con María del Pilar Roldán, la primera medallista mexicana, o cuando Soraya Jiménez obtuvo el primer oro femenino olímpico. Los Juegos Olímpicos son el máximo referente al hablar de este tema, sin embargo, éste engloba distintos niveles, local, regional, estatal, nacional e internacional, además del universitario, que se convierte en una plataforma de desenvolvimiento al generar oportunidades de participación; todo esto aumenta las posibilidades de incluirse de acuerdo con los intereses, habilidades y gustos de cada persona.

El deporte competitivo hace referencia a la práctica de una actividad planificada, con determinadas reglas y cuya participación en competencias, torneos





o partidos es esencial. Se ha identificado que en éste existen distintos aspectos que se desarrollan durante los entrenamientos en la búsqueda de adquirir o mejorar habilidades que se pondrán a prueba en las competencias. Entre otras se encuentran por supuesto las físicas, técnicas y tácticas, y también otros aspectos como el psicológico y el social. Éstas son algunas de las razones por las que existe interés en conocer más respecto a los procesos y el progreso individual asociados a la práctica de deporte competitivo femenino en particular.

LA INTELIGENCIA EMOCIONAL Y EL DEPORTE

La Psicología del deporte es una ciencia aplicada cuyos objetivos, entre otros, son favorecer el rendimiento físico e integral. Las emociones son parte inherente del bienestar, y uno de los conceptos que ha ayudado a comprenderlo es el de inteligencia emocional (IE), popularizado por Goleman (1995), aunque fueron Salovey y Mayer (1990) quienes lo propusieron y definieron como la capacidad de identificar las emociones sobre sí mismo y los demás, poder diferenciarlas y utilizarlas en la acción y los pensamientos.

Posteriormente la explicaron como la capacidad de meditar acerca de éstas y dominarlas para favorecer el raciocinio. De tal manera que al hablar de IE se hace referencia a distintas habilidades emocionales, incluyendo percepción, comprensión, regulación y dirección (Mayer y Salovey, 1997). En otras palabras, darse cuenta de que hay una emoción, entender su significado, saber dar respuesta, modular su duración o intensidad y disponerse en cierto estado emocional óptimo para reflexionar, solucionar o tomar acciones.

¿CÓMO INTERACTÚA LA IE CON EL DEPORTE?

Diversos investigadores se han interesado por indagar cómo se vinculan la IE y el hábito deportivo. En general, se han encontrado asociaciones interesantes que aportan información para estudiar más, pero también las implicaciones prácticas que tienen. Por ejemplo, Laborde *et al.* (2014) mencionan que los atletas con mayores niveles de IE presentan mejor rendimiento, lo cual se explica por el modo de afrontar las competencias como un reto y así utilizar estrategias efectivas ante el estrés.

En trabajos como el de Rodríguez-Romo *et al.* (2021) se consideraron atletas universitarias y descubrieron que el número de disciplinas practicadas y la cantidad de años llevándolo a cabo se relacionó positivamente con la regulación emocional. Por su parte, Maldonado *et al.* (2021) hallaron diferencias entre la IE en función del género, donde las mujeres mostraron un índice menor al compararlas con hombres.



Figura 1. Modelo de cuatro ramas de Inteligencia Emocional de Mayer y Salovey (1997).



De acuerdo con el modelo de cuatro ramas de IE, necesitamos comprender que las emociones transmiten información. Para ello es relevante situarse en un punto medio en el que es factible recibir señales afectivas y bloquear las que son demasiado abrumadoras, haciendo posible dirigir las acciones y promover metas propias y ajenas. A esto se le llama regulación emocional (Salovey y Mayer, 1997).

La autoestima, según la conceptualización teórica de Rosenberg (1989), es la totalidad de los pensamientos y sentimientos de la persona con referencia a sí misma, incorporando sensaciones, inteligencia, experiencias y actitudes. La resiliencia, a partir de la descripción que hicieron Connor y Davidson (2003), es el conjunto de habilidades que permiten tener un funcionamiento saludable y la posibilidad de adaptarse a un acontecimiento disruptivo de la vida cotidiana.

En los resultados de una investigación realizada por las autoras, se incluyeron 423 personas universitarias que practicaran y que no practicaran deporte competitivo; se pudo comprender mejor cuál es la conexión entre éste y la IE. Se identificó que quienes llevaban a cabo actividad física mostraron medias superiores frente a los que no en cuanto a regulación emocional, autoestima, resiliencia y autoeficacia, con las que se encontraba asociada positivamente (Miranda-Rochín, 2022; Miranda-Rochín *et al.*, 2023) (figura 2). Además, incrementaron sus factores de protección para la salud y el bienestar, particularmente frente al consumo de alcohol.

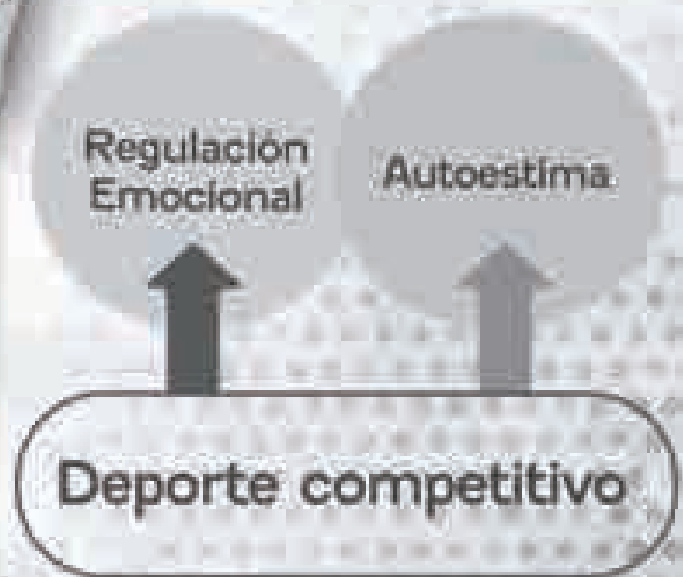


Figura 2. Variables asociadas al deporte competitivo en mujeres universitarias (Miranda-Rochín, 2022).

CONCLUSIONES

La IE favorece la identificación y el control de las emociones, pero aún queda más por conocer respecto al desarrollo de esas habilidades y la unión que existe con factores sociales y contextuales. Por ahora, lo que está claro es que competir, sin importar el nivel, además de favorecer la salud física, incrementar la red de amistades y conocidos, consiste en un facilitador para la regulación emocional y el aumento de autoestima.

Considerando que ésta consiste en la perspectiva de una persona sobre sí misma y que una mayor autoestima tiene que ver con el avance y desempeño profesional, es pertinente considerar que practicar una disciplina de manera competitiva puede ser un medio para desarrollarla. Reconocer nuestros sentimientos, entender lo que nos quieren decir y dominarlos, aumenta la posibilidad de afrontar de modo saludable los sucesos negativos y a tener relaciones más satisfactorias y sanas.

REFERENCIAS

- Connor, K., y Davidson, J. (2003). Development of a new resilience scale: The Connor- Davidson Resilience Scale (CD-RISC). *Depress Anxiety*. 18(2):76-82. <https://doi.org/10.1002/da.10113>
- Goleman, D. (2021). *Inteligencia emocional*. Kairós: México.
- Laborde, S., Lautenbach, F., Allen, M., et al. (2014). The role of trait emotional intelligence in emotion regulation and performance under pressure. *Personality and Individual Differences*. 57:43-47. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2013.09.013>
- Maldonado, J., Casillas, L., y Yopez, E. (2021). Gestión emocional del desempeño de los jugadores de baloncesto. *Lecturas: Educación Física y Deportes*. 26(278):95-115. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8027718>
- Mayer, J., y Salovey, P. (1997). What is emotional intelligence? En P. Salovey y D. J. Sluyter (Eds.), *Emotional*





development and emotional intelligence: Educational implications (pp. 3–34). Basic Books. Disponible en: <https://psycnet.apa.org/record/1997-08644-001>

Miranda-Rochín, D. (2022) *Inteligencia emocional en función de la práctica deportiva: comparación entre universitarios de México y España*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Miranda-Rochín, D., López-Walle, J.M., Cantú-Berrieto, A., *et al.* (2023). Inteligencia emocional y resiliencia en universitarios: Influencia de la cultura, del género y del deporte competitivo. *Cuadernos de Psicología del Deporte*. 23(3). <https://doi.org/10.6018/cpd.560221>

Rodríguez-Romo, G., Blanco-García, C., Díez-Vega, I., *et al.* (2021). Emotional intelligence of undergraduate athletes: The role of sports experience. *Frontiers in Psychology*. 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.609154>

Rosenberg, M. (1989). *Society and the Adolescent Self-Image* (revised edition). Wesleyan University Press.

Salovey, P., Mayer, J. (1990). *Emotional Intelligence. Imagination, Cognition and Personality*. 9(3):185-211. <https://doi.org/10.2190/DUGG-P24E-52WK-6CDG>

Recibido: 05/12/2022
Aceptado: 01/10/2023

Descarga aquí nuestra versión digital.





Ejes

EJES

Prueba genética preimplantacional. Enfermedades genéticas a punto de extinción

Melissa Astrid López García*, Selene Marysol García Luna*, Cristina Aidé Ramírez Colunga*

ORCID: 0000-0002-3045-9547

ORCID: 0000-0001-8420-5078

ORCID: 0000-0002-7529-4731

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27123-3>

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: c.aidee@hotmail.com, selene.marysol@gmail.com, melissaastrid@gmail.com



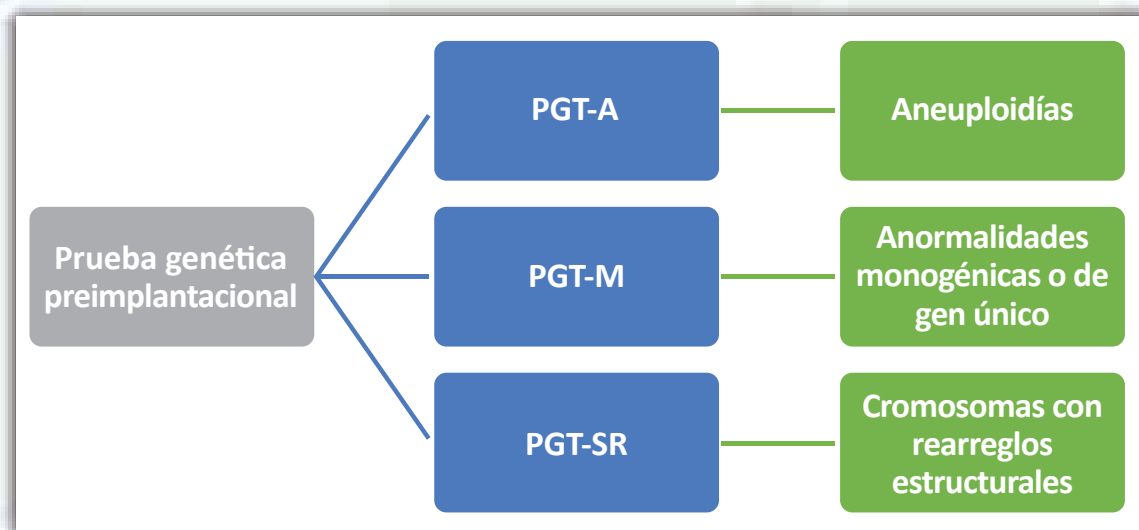
Como seres humanos, la información que se necesita para nuestro desarrollo y funcionamiento se encuentra compactada en forma de instrucciones genéticas en el DNA, ésta puede contener errores a diferentes niveles, los cuales podrían transmitirse a la descendencia y expresarse o no clínicamente, es decir, ser portador de alguna mutación genética o manifestarse como una afección congénita. En ciertos casos es incompatible con la vida, lo que explica la causa, dependiendo de la bibliografía, de hasta 30% de las pérdidas tempranas del embarazo.

Hoy en día, gracias a los adelantos científicos y tecnológicos, existen técnicas de reproducción asistida que permiten crear embriones *in vitro*, a los que se les toma una biopsia con el fin de analizar su material genético. La prueba genética preimplantacional (PGT) es un examen que revisa cada embrión e identifica su ploidía, sexo o estado de portador de diversas enfermedades monogénicas. Esto permite a las parejas, incluso siendo fértiles, aumentar las posibilidades de tener hijos sanos.

¿QUÉ ES LA PRUEBA GENÉTICA PREIMPLANTACIONAL?

Si queremos entender la PGT debemos conocer las técnicas de reproducción asistida (TRA), ya que a partir de éstas es posible obtener una biopsia del embrión y estudiarlo. Las TRA han permitido a millones de parejas infértiles en el mundo concebir con éxito desde 1978, dentro de estas técnicas se encuentra la fertilización *in vitro* (FIV) y la inyección intracitoplasmática (ICSI). La FIV viene del término *in vitro* que significa fuera de un organismo vivo y, por lo tanto, consiste en recuperar óvulos maduros del ovario y posteriormente colocarlos en una placa de Petri con medio de cultivo, junto al esperma, en busca de la fecundación espontánea, o bien, inyectándolo directamente dentro del óvulo (ICSI).

Una vez desarrollado por cinco días, se transfiere a la cavidad uterina en busca de su implantación y de lograr un embarazo (Choe *et al.*, 2020). La muestra que se toma para su estudio



Las pruebas genéticas preimplantacionales incluyen diversos estudios.

se realiza en etapa de blastocisto, mientras tanto, son congelados hasta obtener el resultado del análisis del DNA. Al tenerlos, se realiza la selección de los embriones sin alteraciones y se transfieren al útero.

La PGT-A identifica aneuploidias, es decir, variaciones en el número de cromosomas, pérdidas o ganancias de un cromosoma con respecto a los 46 normales. Éstas, al ser la principal causa de aborto espontáneo, podrían ser evitadas con el uso de esta técnica, la cual permite seleccionar embriones con una cantidad de material genético adecuado para su transferencia. Las nuevas técnicas de PGT-A además utilizan métodos moleculares seguros y con bajas tasas de error, entre sus indicaciones, aparte del antecedente de dos o más abortos involun-

tarios, se encuentra la edad materna avanzada y la falla recurrente de la implantación embrionaria.

Otra posibilidad que nos brinda el uso de la PGT-A es la selección del sexo, lo cual resulta adecuado en el caso de tener antecedentes de un padecimiento hereditario ligado a éste, donde se buscaría la selección de embriones femeninos o masculinos según sea el caso. Sin embargo, esta alternativa da pie a la selección de sexo con fines no médicos, lo cual es éticamente controvertido y debería estar regulado por cada país.

Por otro lado, la PGT-SR se usa en la detección de casos de traslocaciones o inversiones, es decir, la anomalía cromosómica más común en la población y se pueden asociar con discapacidad intelectual, pérdida de au-

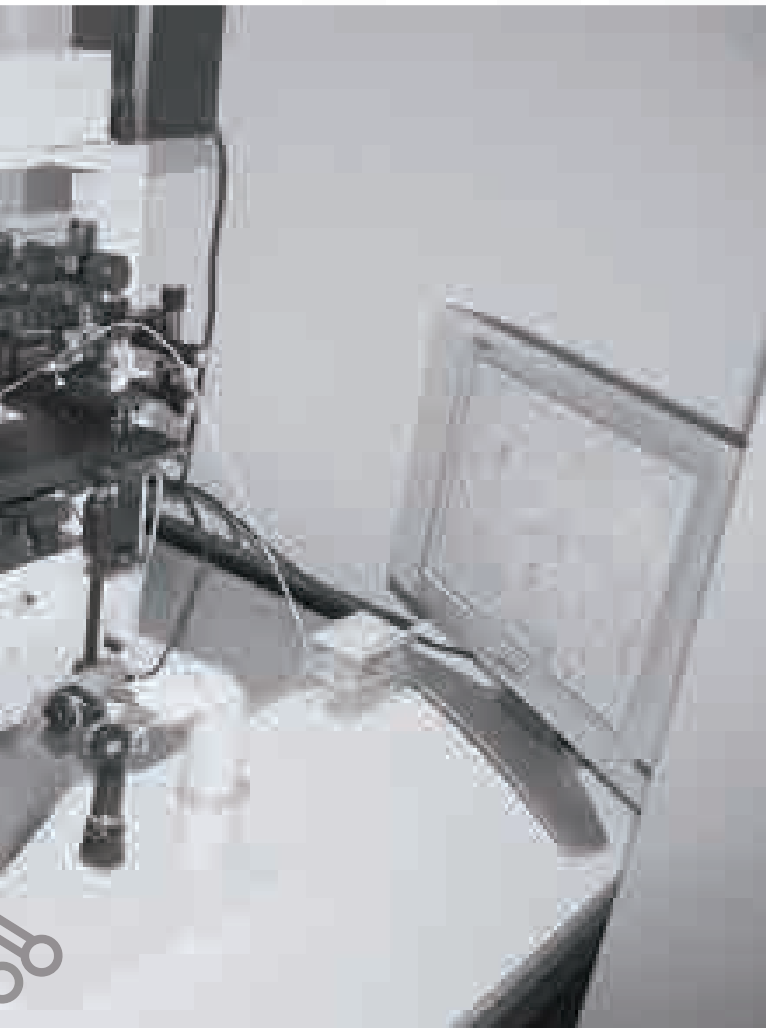
dición y características dismórficas; anomalías monogénicas, así como más de 400 padecimientos, e inicialmente se desarrolló para identificar embriones portadores de genes con males debilitantes que comienzan en la infancia, por ejemplo, fibrosis quística, atrofia muscular espinal, células falciformes o distrofia muscular de Duchenne. Con el tiempo se ha utilizado para la identificación de afecciones monogénicas en adultos, incluyendo enfermedad de Huntington, de Alzheimer de aparición temprana, síndromes de predisposición al cáncer y algunos trastornos no mortales pero graves (Harris *et al.*, 2021).

¿QUIENES SE PUEDEN BENEFICIAR DE LAS PRUEBAS GENÉTICAS PREIMPLANTACIONALES?

- Padres portadores de una enfermedad hereditaria, cromosopatía o cariotipo anormal.
- Parejas en las que un miembro está afectado por cáncer hereditario.
- Parejas que han tenido un niño con defecto monogénico.
- Parejas con abortos recurrentes.
- Mujeres de edad avanzada que buscan embarazo.

Aunque es una herramienta atractiva y muy útil, es importante desmentir el mito de que las pruebas genéticas preimplantacionales nos permiten seleccionar las características físicas, como color del cabello y ojos. Asimismo, la PGT no sustituye el control prenatal del embarazo, por lo tanto, no se deben omitir los ultrasonidos estructurales y las citas con su médico tratante.





Descarga aquí nuestra versión digital.



De igual manera, como en todo, con la PGT no se asegura 100% que el embrión sea totalmente libre de enfermedades, siempre se recomiendan pruebas prenatales diagnósticas que confirmen el resultado, como estudios en muestras obtenidas por biopsia de vellosidades coriales o amniocentesis.

CONCLUSIÓN

El uso de técnicas de reproducción asistida complementada con PGT en cualquiera de sus tipos puede ser utilizada para la detección de anomalías genéticas, eliminando la posibilidad del paso de éstas a las generaciones subsecuentes.

REFERENCIAS

- Ethics Committee of the American Society for Reproductive Medicine. (2022). Use of reproductive technology for sex selection for nonmedical reasons: an Ethics Committee opinion. *Fertil Steril.* 117(4):720-6. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2021.12.024>
- Harris, B.S., Bishop, K.C., Kuller, J.A., et al. (2021). Preimplantation genetic testing: a review of current modalities. *F&S Rev.* 2(1):4356. <https://doi.org/10.1016/j.xfnr.2020.10.001>
- Esteves, S.C., Humaidan, P., Roque, M., et al. (2019). Female infertility and assisted reproductive technology. *Panminerva Med.* 61(1):1-2. <https://doi.org/10.23736/S0031-0808.18.03553-X>
- Choe, J., Shanks, A.L. (2022). *In Vitro Fertilization*. StatPearls Publishing.
- Mallepaly, R., Butler, P.R., Herati, A.S., et al. (2017). Genetic Basis of Male and Female Infertility. *Monogr Hum Genet.* 21:1-16. <https://doi.org/10.1159/000477275>

Recibido: 05/12/2022
Aceptado: 25/09/2023



SECCIÓN ACADÉMICA

**Neurofibromatosis tipo I. Etiología,
diagnóstico y tratamiento**

**Tuberculosis extrapulmonar:
más allá de un pulmón**



Neurofibromatosis tipo I. Etiología, diagnóstico y tratamiento

Fernanda Deloya-Ardón María * Axel García-Burgos**
ORCID: 0009-0003-5811-8212 ORCID: 0000-0001-7362-3928

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.123-4>

RESUMEN

La neurofibromatosis tipo I es una enfermedad neurodermatológica con herencia autosómico dominante, relacionada con el gen NF1. Es considerada “una enfermedad genética, de herencia autosómica dominante, de alta penetrancia y expresividad variable” (Galán, 2014). Sus manifestaciones pueden ser numerosas y las afectaciones son mayoritariamente en piel, máculas café con leche, en el sistema nervioso periférico y central (García, Cervini y Pierini, 2013), alteraciones en zona de la columna y lumbar. Su diagnóstico se basa en las manifestaciones clínicas y en los estudios por imagen, por lo cual debe tener un enfoque multidisciplinario, con especialistas en pediatría, ortopedia, dermatología y neurología, debido a las lesiones que engloba en los pacientes, por lo general niños, en la función de la marcha y a nivel de la piel.

Palabras clave: neurofibromatosis, genética, autosómica, periférico, central.

ABSTRACT

Neurofibromatosis type I is a neurodermatological disease with autosomal dominant inheritance, related to the NF1 gene. It is considered: “a genetic disease, of autosomal dominant inheritance, of high penetrance and variable expressivity (Galán, 2014). Its manifestations can be numerous and the affectations are mainly: on the skin that cause cafe-au-lait macules (Diferent colored and discolored skin variations), as well in the peripheral and central nervous system (García, Cervini y Pierini, 2013), and also alterations in the spine and lumbar area. Its diagnosis is based both on clinical manifestations and in image studies, Therefore, a multidisciplinary approach by specialists in pediatrics, orthopedics, dermatology and neurology, due to the wounds that embrace patients (generally children) in gait function and alterations at the skin level.

Keywords: neurofibromatosis, genetic, autosomal, peripheral, central.

La neurofibromatosis tipo I se conocía como enfermedad de von Recklinghausen, una genodermatosis cuya principal característica son máculas o manchas color café con leche y presencia de neurofibromas (Salas-Alanís, De la Garza-Ramos y Cepeda-Valdés, 2011). Existen siete variaciones: clásica o von Recklinghausen, central, mixta, variante, segmentaria, con manchas sin neurofibromas y de inicio tardío. Este padecimiento, con sus variantes, tiene un ante-

cedente ya abordado por Friederich von Recklinghausen en 1882, quien observó pequeñas y medianas manchas de color café en extremidades superiores e inferiores.

En ésta existe un factor que influye o determina el comienzo y la aparición de las manifestaciones clínicas. Es ocasionada por el gen localizado en el cromosoma 17, éste posee un componente llamado neurofibromina, relacionado con la diferenciación y

*Universidad Nacional Autónoma de México,
Tlalnepantla de Baz, México.
Contacto: fernandadeloya94@hotmail.com

**Universidad Anáhuac Mayab,
Mérida, México.
Contacto: axelgb1@hotmail.com

formación de tejidos celulares: dermatológicos y nerviosos (Jiménez-Caballero, 2013). Asimismo, posee gran relevancia en los protooncogenes, llamados ras, por tanto, si existe alguna disfunción en éste componente genético, habría relación con la formación de tumores que podrían ser malignos (astrocitomas) o benignos (neurofibromas plexiformes), además de distintas manifestaciones en la presión arterial (Ríos-Sanabria y Mora-Hernández, 2014).

EPIDEMIOLOGÍA

Se ha observado que afecta a uno de cada 3,000 individuos, en uno de cada 200 con retraso mental, 50% de los casos presentan neomutaciones, a partir de este punto representa un reto al momento del diagnóstico, debido a que por su alta penetrancia y dominancia surgen diversas manifestaciones clínicas y se debe tomar en cuenta tanto la historia natural de la enfermedad, un estudio prospectivo a lo largo de la vida del individuo y la aparición de tumores benignos y malignos.

SIGNOS Y SÍNTOMAS DE LA NEUROFIBROMATOSIS TIPO I

En diversas guías, artículos y sesiones mencionadas, se describen múltiples signos y síntomas: “retraso mental, cefaleas, convulsiones, parálisis, neurofibromas, glaucomas, disminución de la agudeza visual, baja estatura, desviación de la columna (escoliosis), constipación, obstrucción intestinal y tumores del sistema nervioso central” (Gómez y Batista, 2015).

MANIFESTACIONES DERMATOLÓGICAS

El Instituto Nacional de la Salud de EE UU definió, en 1987, los criterios de la neurofibromatosis tipo I; para su diagnóstico debe tener al menos dos de siete, entre los que destacan: seis o más manchas café con leche, iguales o mayores de 5 mm en prepúberes y de 15 mm de diámetro en postpúberes. Dos o más neurofibromas de cualquier clase. Se describen efélides en la región inguinal o axilar (Llorente-La Orden *et al.*, 2018). Las manifestaciones cutáneas presentan distintos patrones de crecimiento a lo largo de la edad, destacando entre los dos a seis años, aquí las efélides axilares, máculas café con leche, son los más característicos en extremidades superiores, dicha situación es detectada en el desarrollo del menor y los especialistas sugieren monitoreo continuo.



Figura 1. El patrón característico son las máculas café con leche, las cuales aparecen en extremidades superiores e inferiores, principalmente en pacientes pediátricos (antes de los 5 años) (Dermadol, 2014).

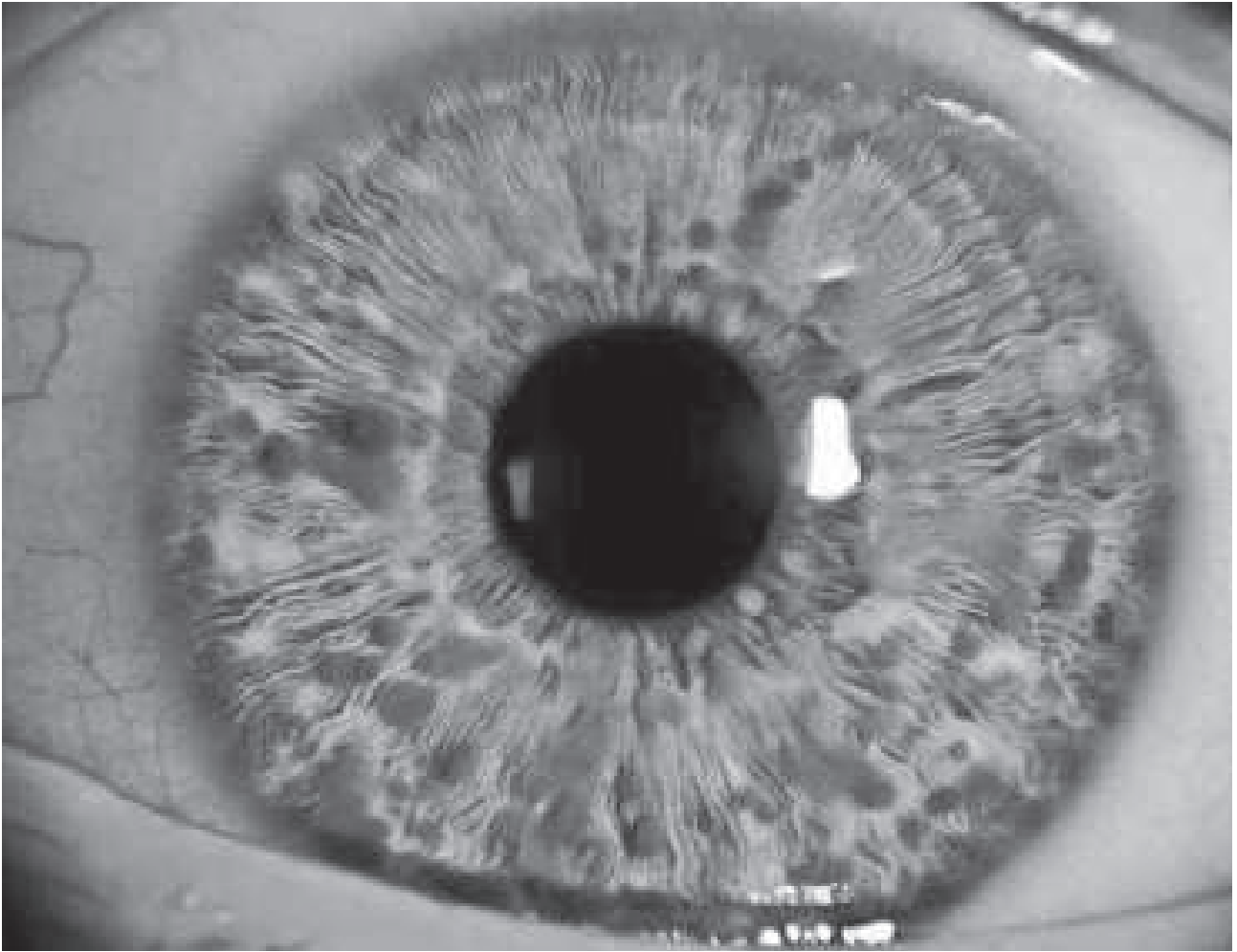


Figura 2. Los nódulos de Lisch consisten en hamartomas melanocíticos que aparecen en el iris, se asocian a neurofibromatosis tipo 1, también enfermedad de von Recklinghausen (Martínez, 2016).

MANIFESTACIONES OFTALMOLÓGICAS

Dentro del desarrollo y la historia natural de la afección, los cambios evidentes son oftalmológicos: nódulos de Lisch, es decir, tumores pigmentarios que a la exploración se consideran lesiones sobreelevadas, superficie lisa, de manera bilateral, el mismo patrón “café con leche”, no afectan la

visión. “Los gliomas de vía óptica suelen presentarse normalmente antes de los 5 años. Aproximadamente entre 10 y 25% de los sujetos con estas lesiones tienen desenlaces poco alentadores: pérdida o disminución de la agudeza visual, alteración de la visión de colores, principalmente si se trata de localización en el quiasma óptico” (Dominguez-Hernández, 2014). Por esto es importante el seguimiento de la región anatómica y evaluación para valoración de tratamiento, dependiendo de la edad y condición física.

MANIFESTACIONES NEUROLÓGICAS

Aparecen alteraciones de nivel neurológico, en el desenvolvimiento psicológico, social, motriz y de aprendizaje. En el deterioro hay disminución de la habilidad de razonamiento y la capacidad de pensamiento suele ser leve. En ocasiones hay dificultad de aprendizaje específica, problemas de lectura o redacción y lógico-matemática. “Suele presentarse el trastorno de déficit de atención por hiperactividad. Parte del cuadro neurológico en la neurofibromatosis tipo I está relacionado con la talla cefálica, que se reporta mayor al promedio ocasionado por el volumen cerebral. Simultáneamente, la persona afectada puede llegar a manifestar crisis convulsivas, compresión medular y déficit neurológico” (Pardo-Somalo y Málaga-Guerrero, 2014), debido a tumores alojados en la estructura encefálica.

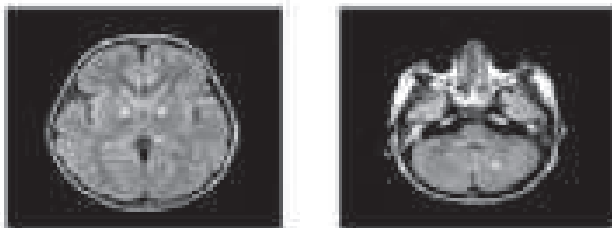


Figura 3. En estas imágenes se pueden observar alteraciones en la masa encefálica y macrocefalia (Neurofibromatosis, 2017).

MANIFESTACIONES TENSIONALES

Los efectos posteriores a la aparición de la neurofibromatosis pueden tener relación con la hipertensión arterial y con las feocromocitomas, principalmente en adultos, tales manifestaciones vienen acompañadas de “síndromes neurálgicos como cefalea tensional, mi-

graña, fósfenos” (Bersusky, 2017). Por este motivo, el especialista debe realizar una inspección exhaustiva, en interrogatorio y en exploración física.

MANIFESTACIONES MUSCULOESQUELÉTICAS

Esta clase de alteraciones morfológicas ocurren en sitios anatómicos: cuerpos vertebrales, cuyo resultado son “lesiones distróficas, cifosis cervical; los pacientes reportan, al momento de la consulta y a la exploración, dolor cervical. La cifoescoliosis y lordoescoliosis torácica son un cuadro característico” (Gómez y Batista, 2015), resulta importante la detección de dicho cuadro, junto con las apariciones dérmicas (manchas café con leche), dificultad en aprendizaje y alteraciones en las cifras tensionales.

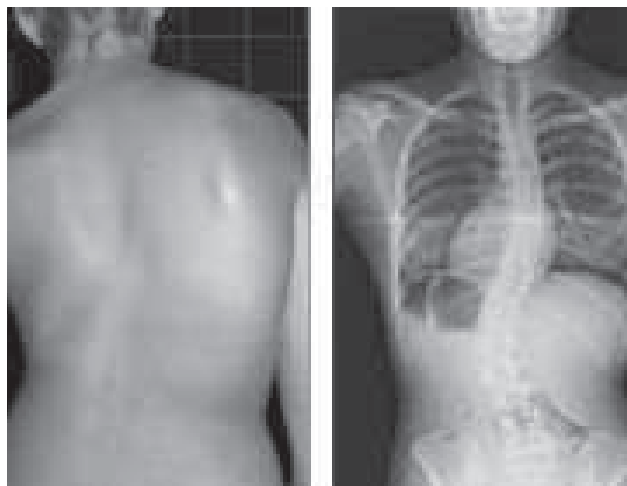


Figura 4. Se reportan en casos clínicos con alteraciones en la columna vertebral, dolor agudo y crónico, dependiendo de la gravedad del padecimiento, se pueden detectar con estudios de imagen como la radiografía de columna (Fisioterapia, 2016).

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DE LA NEUROFIBROMATOSIS TIPO II

Pensando en diagnósticos diferenciales, la neurofibromatosis tipo II es una forma familiar: “manchas café con leche, síndrome LEOPARD (lentigos, anomalías en el EKG, hipertelorismo ocular, estenosis ocular, genitales anormales, retraso anormal en el crecimiento y sordera neurosensorial)” (Salas-Alanís, De la Garza-Ramos y Cepeda-Valdés, 2011); existen otros dictámenes diferenciales, por ejemplo: el síndrome McCune-Albright (displasia fibrosa poliostótica), esclerosis tuberosa, feocromocitomas, carcinoma medular tiroidea, hiperplasia paratiroidea, neuromas mucocutáneos, las cuales tienen signos y síntomas similares a la neurofibromatosis tipo II. No obstante, la diferencia principal es la existencia de componentes hormonales, afectando el desarrollo en pacientes menores de 5 años.

TRATAMIENTO EN LA NEUROFIBROMATOSIS TIPO I

El tratamiento principal consiste en una revisión especializada –por parte de quien lo trata– del sistema nervioso central y periférico, óseo, cardiovascular, oftalmológico y dermatológico. Específicamente los neurofibromas cutáneos o subcutáneos, por aspecto clínico y estético, deben ser removidos, dependiendo las características, morfología, tamaño y avance, puede determinarse, si son pequeños, por láser o electrocauterio, o si son grandes por cirugía.

Si el paciente, al momento de la exploración, presenta tumores de forma plexiforme, debe complementarse su estudio con resonancia magnética. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que los resultados con tratamiento quirúrgico suelen presentar resultados insatisfactorios, debido a que los tumores, ya sea en su forma benigna o maligna, están relacionados con el sistema nervioso.

CONCLUSIÓN

El tratamiento de la neurofibromatosis tipo I se debe abordar desde un punto de vista integral, con el apoyo unido de los especialistas y los familiares, cuyo enfoque vaya encaminado a detectar signos y síntomas, a su abordaje y seguimiento clínico. Tomando en cuenta que en algunos casos se presentan patrones no tan alentadores (tumores malignos), el desenlace puede ser catastrófico para el paciente, familia y equipo de salud. Agregando a todo este cuadro de dolor y molestias consecuentes, un impacto emocional y físico a lo largo del proceso, donde el soporte por parte del especialista y de la medicina del dolor son fundamentales.

Por último, el trastorno de aprendizaje suele tener repercusiones importantes, sobre todo en pacientes pediátricos, los cuales se ven limitados en sus tres esferas, se debe indicar un refuerzo y acompañamiento de asesores en educación, ideales para un desarrollo integral en el paciente.

La neurofibromatosis tipo II es una enfermedad invalidante que se hereda de forma autosómica dominante. A menudo se ha confundido con la neurofibromatosis tipo I, aunque son patologías distintas.

REFERENCIAS

- Bersusky, E. (2017). Deformidades vertebrales por neurofibromatosis tipo 1. *Rev. Asoc. Arg. Ortop. y Traumatol.* 64(4):263-269. Disponible en: https://www.aaot.org.ar/revista/1993_2002/1999/1999_4/640401.pdf
- Domínguez-Hernández, E. (2014). *Neurofibromatosis tipo 1: enfermedad de von Recklinghausen*. Sevilla, España: Inserm, p. Portal de información de enfermedades raras y medicamentos huérfanos.
- Galán, E. (2014). *Neurofibromatosis tipo 1*. National Institute of Health, pp. 57-60. Disponible en: <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/10-nf1.pdf>
- García, R., Cervini, A., y Pierini, A. (2013). Manifestaciones cutáneas de la neurofibromatosis tipo 1. *Arc. Argent. Pediatr.* 101(2):127-132. Disponible en <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2003/127.pdf>
- Gómez, M., y Batista, O. (2015). Neurofibromatosis tipo 1 y su diagnóstico molecular como estrategia del diagnóstico diferencial y a edades tempranas. *Rev. Méd. Chile.* 143(10):168-169. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872015001000011>
- Jiménez-Caballero, P., López-Espuela, F., Portilla-Cuenca, J., et al. (2013). Manifestaciones clínicas y neurorradiológicas en los adultos con neurofibromatosis tipo 1. *Neurología.* 28(6):361-365. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2012.09.001>
- Llorente-La Orden, C., Vidal-Villegas, B., Nárvaez-Palazón, C., et al. (2018). Manifestaciones oftalmológicas de neurofibromatosis tipo 1 en dos hermanas. *Archivos de la Sociedad Canaria de Oftalmología.* 29:112-113. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6491251>
- Pardo-Somalo, R., y Málaga-Guerrero, S. (2014). Hipertensión secundaria a coartación de aorta y estenosis de arteria renal en adolescente con neurofibromatosis tipo 1. *Nefrología.* 28(2):216-217. Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com/es-pdf-X021169950803303X>
- Ríos-Sanabria, C., y Mora-Hernández, G. (2014). Neurofibromatosis tipo 1: Enfermedad de von Recklinghausen. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica.* LXXI (610):249-251. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2014/rmc142n.pdf>
- Salas-Alanís, J.C., De la Garza-Ramos, R., y Cepeda-Valdés, R. (2011). Neurofibromatosis tipo 1 (enfermedad de von Recklinghausen): reporte de dos casos. *Dermatología CMQ.* 9(4):268-271. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cosmetica/dcm-2011/dcm114e.pdf>

Recibido: 23/08/2022
Aceptado: 02/02/2023

Descarga aquí nuestra versión digital.





Tuberculosis extrapulmonar: más allá de un pulmón

Alejandra Montoya-Rosales*
ORCID: 0000-0003-0565-4380

Cindy Paola Salazar-Cepeda**
ORCID: 0009-0001-3124-8696

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.123-5>

RESUMEN

La tuberculosis extrapulmonar (TBEP) es una infección producida por bacilos del complejo *Mycobacterium tuberculosis* (MT) en cualquier localización fuera del pulmón, con mayor afectación pleural. Ésta suele ser asociada a enfermedades que inmunosuprimen al paciente. La sintomatología es inespecífica y depende del órgano que se encuentre afectado. Por consiguiente, es necesario el uso de distintas herramientas para lograr un diagnóstico rápido y oportuno. Se recomienda utilizar el mismo régimen de antibióticos utilizados para el tratamiento de las formas pulmonares, con variaciones en su duración. De este modo, la adherencia a éste es relevante para evitar la progresión de la enfermedad.

Palabras clave: tuberculosis (TB), tuberculosis extrapulmonar (TBEP), *Mycobacterium tuberculosis* (MT), VIH, pleura.

ABSTRACT

Extrapulmonary tuberculosis (EPTB) is an infection caused by bacilli of the Mycobacterium tuberculosis (MT) complex in any location outside the lung, with greater pleural involvement. It is usually associated with diseases that cause immunosuppression in the patient. Symptomatology is non-specific and depends on the organ that is affected. Because of this, it is necessary to use different tools for a quick and timely diagnosis. It is recommended to use the same antibiotic regime used for the treatment of pulmonary forms, with variations in their duration. In this way, adherence to treatment is relevant to avoid disease progression.

Keywords: tuberculosis (TB), Extrapulmonary Tuberculosis (EPTB), *Mycobacterium tuberculosis* (MT), HIV, pleura.

La tuberculosis (TB) es una enfermedad infectocontagiosa crónica provocada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis* (MT) (Lozano, 2002). La TB es una afección sistémica que menoscaba predominantemente el aparato respiratorio y en algunas ocasiones genera destrucción tisular (enfermedad cavitada). Su principal mecanismo de transmisión es la vía aérea, por medio de gotitas de Flügge de personas con la dolencia activa. Las dos manifestaciones clínicas son la pulmonar y extrapulmonar, siendo la primera la más frecuente (hasta en un 75-80%). Si bien ha existido una reducción de la incidencia global, la proporción de la extrapulmonar (TBEP) ha incrementado nota-

blemente. El objetivo del presente trabajo es realizar una revisión de la bibliografía (SciELO, ClinMed, ResearchGate, Elsevier, etcétera), así como dar a conocer la importancia de ésta en virtud de la afectación de varios órganos y sistemas.

La TB es la principal causa de muerte por un padecimiento infeccioso en adultos de todo el orbe, representando un problema de salud pública a nivel mundial (Amado *et al.*, 2020). Su agente causal es una bacteria bacilo ácido-alcohol resistente (BAAR), grampositiva, aerobia estricta intracelular, inmóvil, no formadora de esporas (figura 1).

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
Contacto: alee.montoyal0@gmail.com

** Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
Contacto: cindy37284@gmail.com

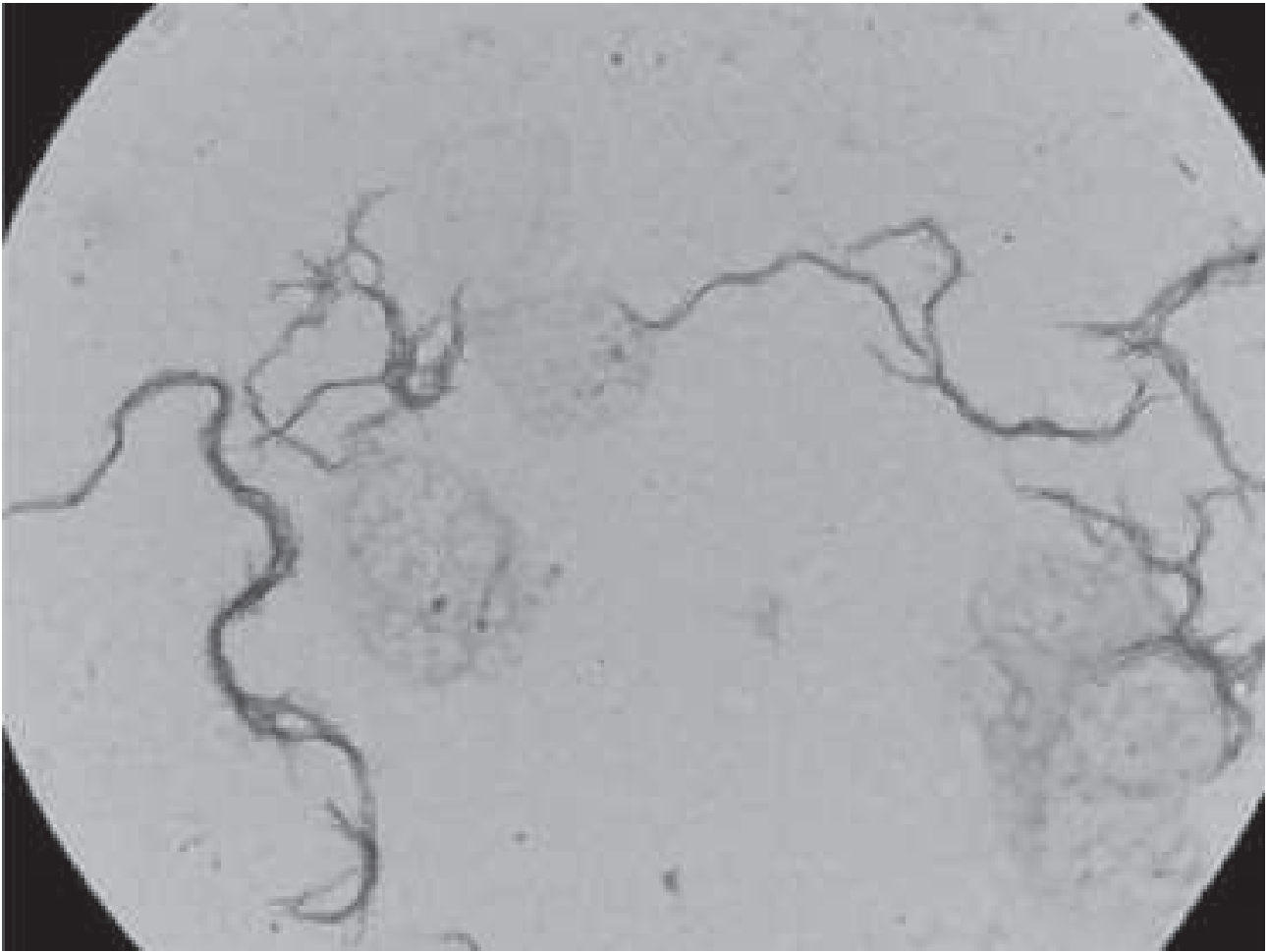


Figura 1. Tinción de Ziehl-Neelsen de *M. tuberculosis* (MT). Se aprecian bacilos de color morado agrupados formando cuerdas (aspecto arrosariado), forma característica de éstas (flechas negras) 1000x (tomado de LaboATLAS, 2022).

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2021 se presentaron 10.6 millones de casos nuevos en todo el planeta y 1.6 millones de personas fallecieron por ese motivo (OMS, 2022).

A pesar de que la TBEP es menos frecuente que la pulmonar, datos epidemiológicos demuestran que la proporción de ésta va en aumento, representando 17.5% de los 10.6 millones de casos de TB notificados en todo el mundo (OMS, 2022).

De acuerdo con la Secretaría de Salud (SSA), la incidencia de TB en México en 2022 fue de 24,037 casos nuevos, con una tasa de 18.5 por cada 100,000 habitantes, de los cuales 77% se encontraba dentro

de la población activa de 20 a 60 años; 15% entre personas mayores de 65; y 8%, de 0 a 19. De éstos, 81% correspondió a la pulmonar, y 19% a la TBEP (Cenaprece, 2023).

El seguimiento de la incidencia de los casos de TB proporciona una comprensión más completa de la carga global de la enfermedad y colabora a enfocar los esfuerzos de prevención y control en áreas donde ésta es más frecuente. La ocurrencia de la TB se ha intensificado en los últimos años, esto podría ser a causa de diversos factores como la extensión en la expectativa de vida, el incremento de la población femenina, la disminución en la aplicación de la vacuna BCG (Bacilo de Calmett-Guerin), el aumento en la pre-

valencia de pacientes con inmunodeficiencias y, alarmantemente, la aparición de nuevas cepas bacterianas con más resistencias farmacológicas. El estudio de la TBEP es crucial si se busca reducir la carga de morbilidad. También es importante informar a la población acerca de las diferentes maneras en que la tuberculosis se manifiesta y cómo perjudica a órganos y tejidos que no están relacionados con el sistema respiratorio. Esto ayudará a superar los desafíos que surgen por la falta de conocimiento y al diagnóstico tardío.

DESARROLLO

La TB se desarrolla en tres etapas: en la primera, llamada primoinfección o TB primaria, la bacteria llega a los alveolos y se reproduce; en la segunda se lleva a cabo la diseminación por vía hematogena y, finalmente, en la tercera se deposita en regiones profundas de los pulmones, principalmente; la consecuencia es la infección latente en la que MT se encuentra en estado de reposo, sin multiplicarse ni provocar sintomatología, o en una infección posprimaria con manifestaciones clínicas (figura 2).

La TBEP habitualmente se trata de una reactivación de un estado latente o por extensión durante las fases iniciales de la infección. Como resultado, los tejidos y órganos fuera del parénquima pulmonar pueden verse comprometidos debido a la diseminación linfohematogena, esto, gracias al desarrollo de inmunidad celular específica, conduce a la formación de granulomas encapsulados que contienen bacilos de MT viables (Ramírez *et al.*, 2015). El origen más común de reactivación es la coinfección con el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), pues compromete y altera la inmunidad del hospedero.

Generalmente, la TBEP se encuentra localizada en órganos de difícil acceso o que no se están en comunicación con la vía aérea, esto imposibilita aerosolizar los bacilos, por lo tanto no representa un peligro de contagio. Los órga-

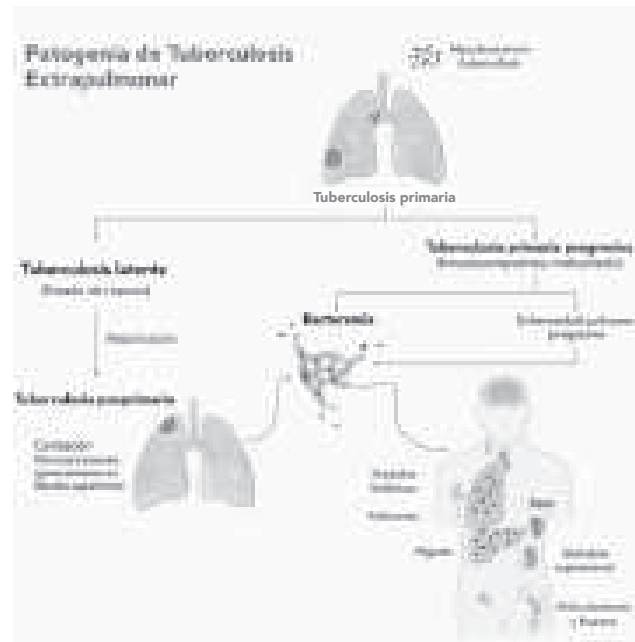


Figura 2. Patogénesis de TBEP (modificado de Spotlight Med).

nos mayormente afectados en esta patología son la pleura (localización extra pulmonar más frecuente), ganglios linfáticos, sistema osteoarticular y gastrointestinal (Amado *et al.*, 2015). Sin embargo, también se presenta en otros sitios como en el sistema nervioso central (SNC), tubo digestivo y pericardio. Datos recientes señalan que hasta en 25% de los casos de TB existe afectación extrapulmonar (Ramírez *et al.*, 2015). Los factores de riesgo asociados al desarrollo de TBEP son: la edad, el sexo femenino, infección por VIH, inmunosupresión y propiamente comorbilidades como diabetes mellitus, insuficiencia renal crónica, entre otras (Ramírez *et al.*, 2015).

El conocimiento de dichos factores es esencial para que el personal de salud tenga un elevado índice de sospecha y así hacer un diagnóstico preciso, temprano y exitoso. Existen reportes donde se señala que el retraso en la determinación de las formas extrapulmonares de TB conlleva un aumento en la morbilidad y mortalidad (Ramírez *et al.*, 2015).

Los signos y síntomas en la presentación de TBEP son inespecíficos, estos dependerán del órga-

no dañado. En la tabla I se enlistan algunas manifestaciones clínicas destacables.

Tabla I. Manifestaciones clínicas de TBEP.

	Síntomas locales	Síntomas sistémicos
Tuberculosis cutánea.	<ul style="list-style-type: none"> Lesiones dermatológicas variadas: nódulos, gomas, úlceras, plaças verrugosas y vegetantes. Úlceras de bordes blandos, discretamente elevados. Nódulos recurrentes. 	-
Tuberculosis diseminada/miliar.	<ul style="list-style-type: none"> Predominan síntomas sistémicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Fiebre, anorexia, sudoración nocturna. Malestar, astenia.
Tuberculosis ganglionar.	<ul style="list-style-type: none"> Adenopatías cervicales y supraclaviculares (en mayor medida). 	<ul style="list-style-type: none"> Astenia, restricción de ingesta alimentaria, pérdida involuntaria de peso.
Tuberculosis geitourinaria.	<ul style="list-style-type: none"> Piuria, hematuria. Disuria. Polaquiuria. 	<ul style="list-style-type: none"> Fiebre. Pérdida de peso.
Tuberculosis intestinal.	<ul style="list-style-type: none"> Dolor abdominal. Diarrea. Masa abdominal. 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de peso. Fiebre. Cansancio.
Tuberculosis ósea y osteoarticular.	<ul style="list-style-type: none"> Osteomielitis. Artritis. Dolor, abscesos. Claudicación, deformidad, rigidez. 	<ul style="list-style-type: none"> Síndrome constitucional poco frecuente.
Tuberculosis pericárdica.	<ul style="list-style-type: none"> Dolor torácico. Tos. Palpitaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Síndrome constitucional (cansancio, anorexia, pérdida involuntaria de peso). Sudoración nocturna. Disnea.
Tuberculosis peritoneal.	<ul style="list-style-type: none"> Distensión abdominal. Masa abdominal. 	<ul style="list-style-type: none"> Fiebre. Anorexia. Malestar general.
Tuberculosis pleural.	<ul style="list-style-type: none"> Dolor torácico. Derrame pleural unilateral, exudativo. 	<ul style="list-style-type: none"> Fiebre Sudoración nocturna. Disnea.
Tuberculosis del sistema nervioso central (meningitis, tuberculomas)	<ul style="list-style-type: none"> Cefalea. Afectación de pares craneales. Hidrocefalia. Trombosis de vasos cerebrales e ictus. Hemiparesia, monoparesia. Extrapiramidalismo. 	<ul style="list-style-type: none"> Fiebre. Vómitos, malestar. Confusión, estupor, coma, crisis convulsivas.

Modificada de Guías de práctica clínica en el SNS (2006:62). Nota: el signo negativo (-) hace referencia a que no hay presencia de síntomas sistémicos.

Tabla II. Pruebas diagnósticas para TBEP.

	Estudios de imagen	Cultivo	Estudio histopatológico	ADA
Tuberculosis pleural	Radiografía simple	Líquido pleural	De la pleura	De líquido pleural +
Tuberculosis ganglionar	Radiografía simple, tomografía computarizada axial (TAC)	Aspirado de ganglio	Del ganglio	-
Tuberculosis Peritoneal	TAC abdominal	Líquido ascítico	Del peritoneo	De líquido peritoneal +
Tuberculosis osteoarticular	Radiografía simple, resonancia Magnética	Líquido articular	Del sitio afectado	-

Modificada de Guías de práctica clínica en el SNS (2006:62). Nota: el signo negativo (-) hace referencia a que no hay presencia de síntomas sistémicos.

DIAGNÓSTICO DE LA TUBERCULOSIS EXTRAPULMONAR

El diagnóstico de TBEP es complejo, ya que la mayoría de las manifestaciones clínicas son inespecíficas, progresan lentamente y se encuentran asociadas con una baja carga bacteriana. Al realizarlo, las muestras de líquidos o tejidos obtenidos por biopsia o aspiración con aguja fina (FNA) deben someterse a baciloscofia, cultivo de micobacterias y pruebas de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) (Ramírez *et al.*, 2015).

El estudio histopatológico obtenido por biopsia es útil ya que en éste es posible encontrar granulomas necrotizantes, lo que sugiere dictamen presuntivo de TB. Pero el estándar de oro es el cultivo bacteriano, debido a su alta sensibilidad y especificidad, es capaz de establecer la mayoría

de las 185 especies de *Mycobacterium* conocidas en la actualidad. Sin embargo, al demorar de 2 a 8 semanas en arrojar resultados, retrasa el inicio del tratamiento y genera complicaciones graves. Por esta razón se utilizan estrategias adicionales que ayudan a lograr un procedimiento oportuno (Chaves *et al.*, 2017).

Los estudios de imagenología del órgano aquejado, así como el contexto epidemiológico pueden ser de gran utilidad para confirmar la enfermedad. Además, siempre se debe realizar una radiografía de tórax con el objetivo de descartar afectación pulmonar.

Otro método es la prueba de adenosina desaminasa (ADA), una enzima que interviene en el metabolismo de las purinas, es una técnica con alto poder discriminatorio en la TB pleural. Todo ello hace que la diagnosis de TBEP se realice habitualmente sobre la base de datos clínicos, anatomopatológicos, radiológicos y moleculares (tabla II).

TRATAMIENTO DE TBEP

De manera frecuente, este trastorno responde al proceso estándar utilizado en la TB pulmonar (Amado *et al.*, 2020). El régimen se divide en dos fases: la inicial o intensiva que comprende el uso de isoniazida, rifampicina, pirazinamida y etambutol durante dos meses, seguido de una segunda fase de consolidación/sostén de isoniazida y rifampicina por cuatro meses, dando un total de seis meses. Existen situaciones especiales en las cuales será potencialmente necesario el uso de otros fármacos o cambio en la duración de los regímenes. La falta de cumplimiento en la indicación contribuye a la progresión de la enfermedad, la aparición de cepas resistentes y, en última instancia, la muerte. Esta situación puede ser producto de diversas causas, como la depresión, la carencia de un sistema de salud adecuado, factores sociales, entre otros. La importancia radica en llevar a cabo un tratamiento supervisado, facilitado y evitar su abandono (Rivera *et al.*, 2020).

CONCLUSIÓN

La TBEP es una entidad recurrente en nuestro medio que compromete órganos fuera del parénquima pulmonar, principalmente la pleura. Dentro de los factores de riesgo de mayor importancia está la coinfección con VIH, que implica el compromiso del sistema inmunitario. El principal desafío durante el diagnóstico radica en la sospecha clínica, debido a la heterogeneidad de los síntomas que presentan los pacientes. Por consiguiente, es necesario el uso de múltiples herramientas para lograr un resultado confirmatorio. Éste, de ser certero, es beneficioso al llevar a cabo las medidas adecuadas en cuanto al manejo del tratamiento y la adherencia a éste.

REFERENCIAS

- Agencia d'Informació, Evaluación i Qualitat en Salut de Catalunya (2009). *Guía de práctica clínica sobre el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de la tuberculosis. Plan de calidad para el sistema nacional de salud del ministerio de sanidad, política social e igualdad*. Cataluña: Guías de Práctica Clínica en el SNS: AATRM N° 2007/26.
- Amado-Garzon, S., Moreno-Mercado, S., Martínez-Vernaza, S., *et al.* (2020). Tuberculosis extrapulmonar, un reto clínico vigente. *Universitas Medica*. 61(4). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed61-4.reto>
- Ayed, H.B., Koubaa, M., Marrakchi, C., *et al.* (2018). Extrapulmonary Tuberculosis: Update on the Epidemiology, Risk Factors and Prevention Strategies. *Int J Trop Dis*. 1:006. [Httpd://doi.org/10.23937/ijtd-2017/1710006](http://doi.org/10.23937/ijtd-2017/1710006)
- Bonilla-Asalde, C.A., Rivera-Lozada, I.C., y Rivera-Lozada, O. (2020). Depresión en pacientes con tuberculosis en una región del Perú: un estudio transversal. *Revista de Investigación de la Universidad Privada Norbert Wiener*. 8(1):43-51. <https://doi.org/10.37768/unw.rinv.08.01.004>
- Canal INER: (2023, March 22). *Sesión general y curso: día mundial de lucha contra la tuberculosis*, INER 2023. YouTube. [Consultado el 29 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=PgcGUa7Lfk0>
- Chaves, W., Buitrago, J.F., Dueñas, A., y Bejarano, J.C. (2017). *Acercas de la tuberculosis extrapulmonar. Repertorio de medicina y cirugía*. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-repertorio-medicina-cirurgia-263-articulo-acercas-tuberculosis-extrapulmonar-S0121737217300183#bib0195>
- Herráez, Ó., Tenías-Burillo, J.M., Barberá-Farré, J.R., *et al.* (2017). *Xpert® MTB/RIF: utilidad en el diagnóstico de la tuberculosis y de la resistencia a*

la rifampicina. *Diagnóstico microbiológico actual de la tuberculosis*. Disponible en: http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/115804/3/vergaragomez2017_2644.pdf

Instituto Mexicano del Seguro Social (2009). *Guía de práctica clínica, diagnóstico y tratamiento de casos nuevos de tuberculosis pulmonar*. México: Instituto Mexicano del Seguro Social.

LaboATLAS. (2022). *Mycobacterium tuberculosis*. Disponible en: <https://laboatlas.com/microbiologia/mycobacterium-tuberculosis/>

López-Medrano, R., Fuster Foz, C., Burgos Asurmendi, I., *et al.* (2019). Uso de adenosina deaminasa como indicador para seleccionar líquidos pleurales para cultivo y/o técnicas moleculares para detección de micobacterias. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-uso-adenosin-deaminasa-como-indicador-S0213005X18301708>

Lozano, J.A. (2002). Tuberculosis. Patogenia, diagnóstico y tratamiento. *Offarm*. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-tuberculosis-patogenia-diagnostico-tratamiento-13035870>

Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2018). *Prevención, diagnóstico, tratamiento y control de la tuberculosis. Guía de práctica clínica*. Ecuador.

Murray, P.R., Pfaller, M.A., y Rosenthal, K.S. (2021). *Medical microbiology*. Elsevier.
Organización Mundial de la Salud (2022). *Global tuberculosis report 2022*. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Organización Mundial de la Salud. (2022). *New cases: Extrapulmonary*. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/new-cases-extrapulmonary>

Pérez, B., Pifarre, R., Vera, C.V., *et al.* (2006). Tuberculosis cutánea por *Mycobacterium tuberculosis*: una patología muy poco frecuente. *Anales de Medicina Interna*. 23(11):560-561. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992006001100017&lng=es&tlng=es.

Ramírez-Lapausa, M., Menéndez-Saldaña, A., y Noguerado-Asensio, A.. (2015). Tuberculosis extrapulmonar, una revisión. *Revista Española de Sanidad Penitenciaria*. 17(1):3-11. <https://dx.doi.org/10.4321/S1575-06202015000100002>

Vásquez-Michel, A., y Chipana-Cortez, V. (2016). Tuberculosis extrapulmonar: breve revisión general y nuevas alternativas de diagnóstico. *Revista CON-CIENCIA*. 4(2):71-79. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652016000200007&lng=es&tlng=es.

Recibido: 05/12/2022
Aceptado: 19/04/2023

Descarga aquí nuestra versión digital.





LA TUBERCULOSIS RESISTENTE AL TRATAMIENTO

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.123-6>

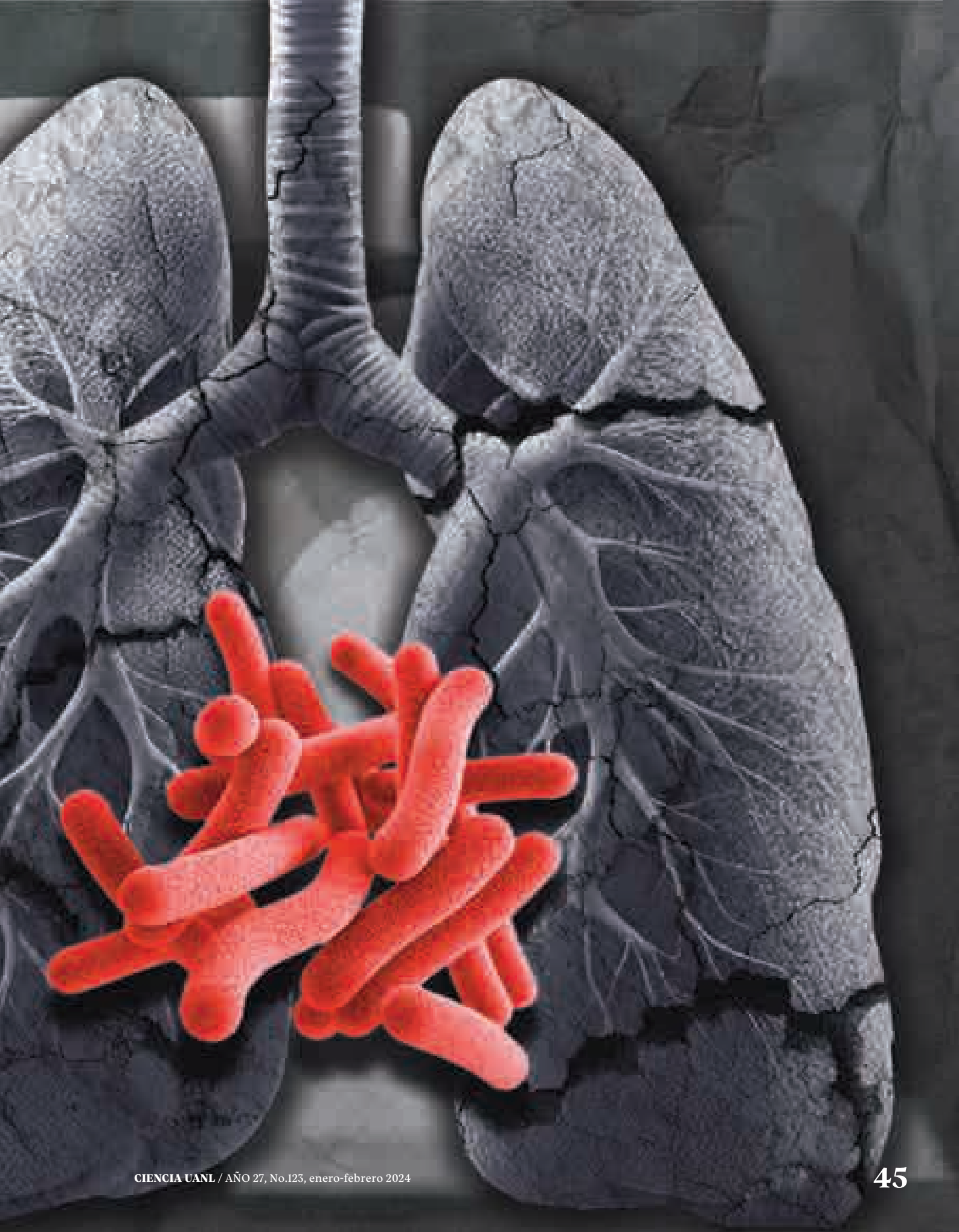
Ana L. Granados-Tristán*, Laura A. González-Escalante**, Katia Peñuelas-Urquides**
ORCID: 0000-0002-8383-8436 ORCID: 0000-0001-8268-8205 ORCID: 0000-0002-9220-2421

La tuberculosis (TB) es una enfermedad infecciosa originada principalmente por una bacteria denominada *Mycobacterium tuberculosis*, aunque existen otras especies del mismo género que también pueden ocasionarla (Brosch *et al.*, 2002) (figura 1). A lo largo de la historia ha generado incontables muertes en todo el mundo, incluso se ha encontrado evidencia arqueológica de ésta en momias egipcias que datan del año 2300 AC. (Cave y Demonstrator, 1939). En la actualidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que en 2021 fue causa de muerte en 1.6 millones de personas (WHO, 2022a).

En la mayoría de los casos, la TB perjudica principalmente los pulmones (TB pulmonar). Sin embargo, puede afectar diferentes tejidos como el cerebro, corazón, riñones o varios órganos a la vez (Golden y Vikram, 2005).

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: ana.granadostrs@uanl.edu.mx

** Instituto Mexicano del Seguro Social, Monterrey, México.
Contacto: laura.gonzaleze@imss.gob.mx, katia.penuelasu@imss.gob.mx



Los síntomas más frecuentes en la TB pulmonar son: tos continua por más de 15 días, tos con sangre, dolor en el pecho, sudoración nocturna, pérdida de peso y fiebre (WHO, 2022a) (figura 1). Cuando se manifiestan éstos, se considera TB pulmonar activa. En muchos pacientes, el sistema inmunológico sano puede contener la infección mediante una estructura llamada granuloma, donde *M. tuberculosis* se encuentra inactiva o en un estado de latencia, lo que se denomina TB latente, y el portador no presenta síntomas. Ésta puede permanecer así durante muchos años; sin embargo, una alteración en el sistema inmune podría desencadenar que el granuloma cambie su composición y provocar la diseminación de la bacteria y la manifestación sintomática (Pai *et al.*, 2016).

Cuando alguien presenta infección activa de TB susceptible a fármacos, se considera curable.

El tratamiento básico tiene una duración de entre cuatro y seis meses, y consta de cuatro medicamentos de primera línea: isoniazida, rifampicina, etambutol y pirazinamida (WHO, 2022a). Cuando la infección no cede con éste, se considera resistente y se trata con fármacos de segunda línea, los cuales se clasifican en tres grupos: *a)* levofloxacino, moxifloxacino, bedaquilina y linezolid, *b)* clofazimina y cicloserina o terizidona, *c)* etambutol, delamida, pirazinamida, imipenem, amikacina, etionamida/protionamida y ácido paraaminosalicílico (PAS; Falzon *et al.*, 2017; WHO, 2022b) (figura 1).

¿QUÉ CAUSA LA RESISTENCIA A FÁRMACOS EN LA TUBERCULOSIS?

La TB resistente se puede clasificar en cinco categorías de acuerdo con la OMS: resistente sólo a isoniazida, sólo a rifampicina (TB-RR), multifarmacorre-

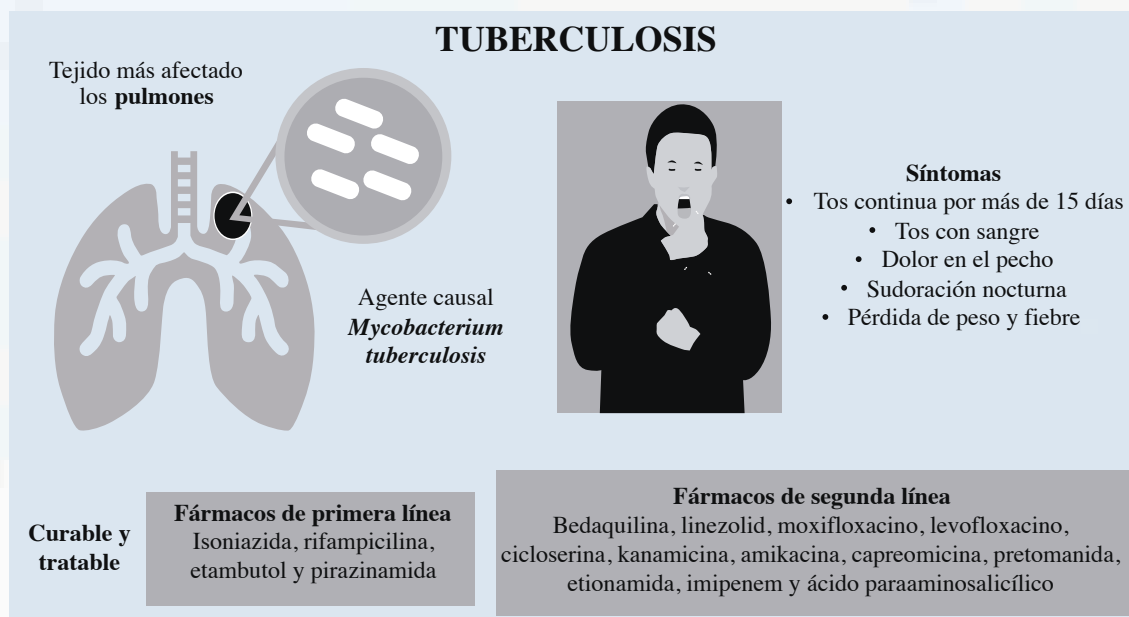


Figura 1. Síntomas y tratamiento de la TB.

sistente (TB-MFR) cuando lo es tanto a isoniazida como a rifampicina; pre-extendida (a rifampicina y a una fluoroquinolona), y extendida (XDR-TB) cuando es resistente a rifampicina, además de una fluoroquinolona y al menos a uno de bedaquilina o linezolid (WHO, 2022a). Asimismo, se ha identificado un tipo de infección invulnerable a todos los paliativos que existen para su cura: la TB totalmente resistente (Udwadia *et al.*, 2012).

Los factores causantes de la resistencia en *M. tuberculosis* se pueden clasificar como intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos son aquellos mecanismos relacionados a las características propias de la bacteria; mientras que los extrínsecos son adquiridos por fenómenos externos (Almeida Da Silva y Palomino, 2011; Palomino y Martin, 2014).

Dentro de los primeros se pueden mencionar la permeabilidad de la pared celular, que por su alto contenido de lípidos evita la penetración de moléculas hidrofílicas (Jankute *et al.*, 2015); la modificación o mimetización del blanco de acción de los fármacos, la degradación de las moléculas activas y la expulsión de los medicamentos mediante bombas de eflujo (Singh *et al.*, 2020) (figura 2).

Tabla I. Mutaciones que causan la resistencia a medicamentos en *M. tuberculosis* (Gygli *et al.*, 2017).

Gen blanco	Fármaco	Mecanismo de acción
<i>rpoB</i>	Rifampicina	Alteración del blanco farmacológico.
<i>katG</i>	Isoniazida y etionamida	Inhibición de la activación del profármaco.
<i>nhA</i> y su promotor	Isoniazida	Alteración del fármaco.
<i>embB</i>	Etambutol	Alteración del blanco farmacológico.
<i>pncA</i>	Pirazinamida	Inhibición de la activación del profármaco.
<i>gyrA</i> y <i>gyrB</i>	Fluoroquinolonas	Alteración del blanco farmacológico.
<i>rfs</i>	Estreptomina, amikacina, kanamicina, capreomicina	Alteración del fármaco.



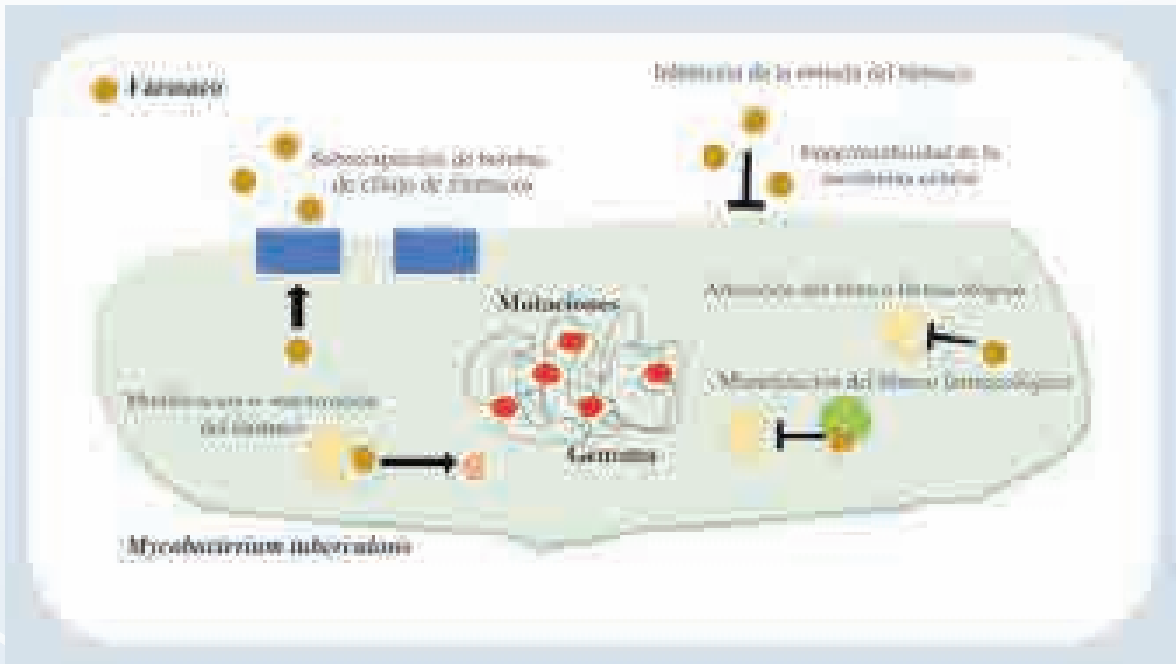


Figura 2. Mecanismos de resistencia a fármacos en *M. tuberculosis*.

Los mecanismos extrínsecos se relacionan principalmente con la terapia contra la TB, sobre todo cuando no es llevada de forma correcta o completa. Las sustancias ejercen una presión selectiva sobre las bacterias y provocan que las variantes que adquieren mutaciones que les permiten sobrevivir al tratamiento se multipliquen en el hospedero y se propaguen a la población (Nimmo *et al.*, 2022). En la tabla I se enlistan algunas mutaciones identificadas, las cuales se han reportado como presentes en genes que codifican proteínas blanco de las drogas antiTB o en proteínas encargadas de modificarlos a su forma activa (figura 2) (Gygli *et al.*, 2017).

¿CÓMO SE COMBATE LA TUBERCULOSIS?

A lo largo de la historia se han creado estrategias con el objetivo de combatir la TB. La primera fue en 1905, cuando Edward Trudeau fundó

la Sociedad Americana de Sanatorios (American Sanatorium Society), dedicada a tratar pacientes con TB (Murray, 2004). En 1920 surge la Unión Internacional Contra la TB (UICT), actual Unión Internacional Contra la Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias (UICTER) (Camminer, 2003).

En 1921 Albert Calmette y Jean Camille Guérin produjeron la vacuna del bacilo Calmette y Guérin contra la TB, cuya utilización depende de la morbilidad del padecimiento en cada lugar. En países con una carga de morbilidad alta se recomienda vacunar a todos los lactantes, como prevención de meningitis tuberculosa o infecciones diseminadas; mientras que en naciones con morbilidad baja sólo se recomienda a aquellos lactantes o infantes que hayan estado expuestos a la infección (Fatima *et al.*, 2020). En 1944 se reportó la utilización del primer antibiótico (es-

treptomocina) para curar a quien presenta este mal (Larkins-Ford *et al.*, 2022). En 1952 se descubrió la isoniazida, un antibiótico que presenta la mayor actividad contra la TB, y en los siguientes años se reportaron pirazinamida, cicloserina, etambutol y rifampicina como opciones terapéuticas (Dooley *et al.*, 2019).

A pesar de la aparición de diferentes drogas antiTB, ésta continuaba siendo una gran problemática mundial debido a que una tercera parte del orbe se encontraba infectada con el agente causal en 1993, y no existían estrategias definitivas que la disminuyeran. Por lo tanto, en 1994 la OMS empezó a promover la estrategia DOTS (por sus siglas en inglés, Directly Observed Therapy Short Course, o en español tratamiento acortado estrictamente supervisado), que consta de cinco elementos: 1) compromiso político, 2) detección de casos utilizando la microscopía para analizar muestras de expectoración en personas con tos prolongada, 3) quimioterapia de corta duración y directamente observada por el personal de salud, 4) suministro regular de los fármacos, y 5) un sistema que permita evaluar individualmente a los pacientes. Desde la implementación de la DOTS se logró observar un progreso en el control de la TB (Davies, 2003). Además, al utilizarla en tratamiento de enfermos con TB resistente decrece la transmisión de cepas farmacorresistentes y reduce este problema de salud (Moonan *et al.*, 2011).

En 2000, la OMS creó la Alianza Fin de la TB y en 2001 se emite el plan mundial para el fin de la TB (End TB strategy). Cada año se establece la estrategia enfocada en tres principios: integrar centros de cuidado y prevención, generar políticas y sistemas



adecuados y promover la investigación e innovación. Además, se han creado diversos programas enfocados en la lucha contra el SIDA/TB y la TB tolerante a fármacos basados en políticas y enfoques adecuados a cada uno de estos retos (WHO, 2006).

CONCLUSIONES

La TB ha sido un gran problema de salud a lo largo de la historia de la humanidad y la aparición de drogas antituberculosas fue un gran avance para tratarla. Sin embargo, la resistencia a éstas representa el principal reto para su control, ya que ésta se presenta más rápido que el desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas. Por lo tanto, para poner fin a la TB se requiere desarrollar más investigación que permita continuar dilucidando mecanismos de farmacorresistencia como primer paso para el control de la TB resistente al tratamiento.

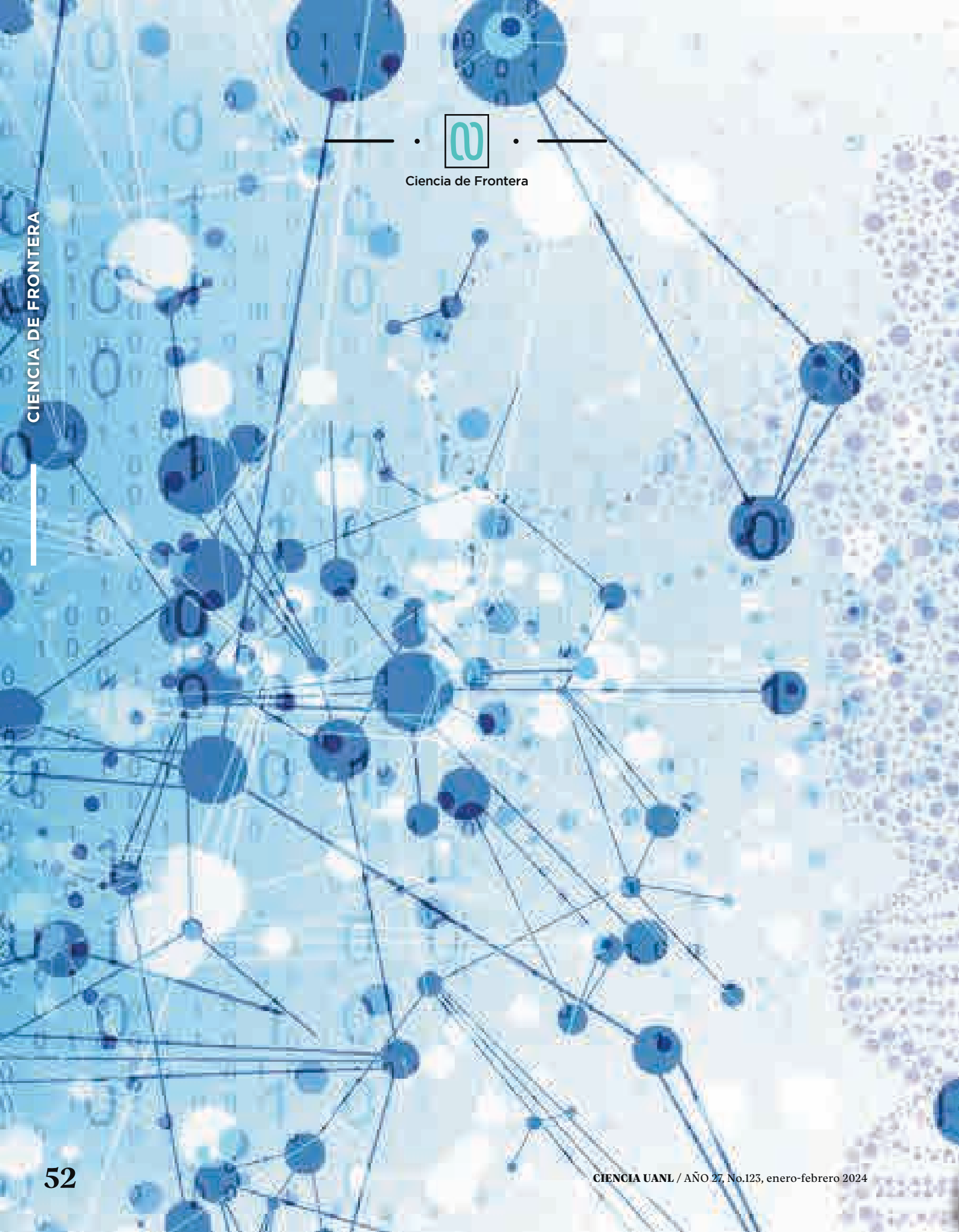
REFERENCIAS

- Almeida Da Silva, P.E., y Palomino, J.C. (2011). Molecular basis and mechanisms of drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: classical and new drugs. *J Antimicrob Chemother.* 66:1417-30.
- Brosch, R., Gordon, S.V., Marmiesse, M., *et al.* (2002). A new evolutionary scenario for the *Mycobacterium tuberculosis* complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 99: 3684-3689.
- Caminero, J. (2003). *Guía de la tuberculosis para médicos especialistas.* Ed. Unión Internacional Contra la Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias (UICTER): París. Francia.

- Cave, A., y Demonstrator, A. (1939). The evidence for the incidence of tuberculosis in ancient Egypt. *British Journal of Tuberculosis*. 33:142-152.
- Davies, P.D. (2003). The role of DOTS in tuberculosis treatment and control. *American Journal of Respiratory Medicine*. 2:203-209.
- Dooley, K.E., Hanna, D., Mave, V., *et al.* (2019). Advancing the development of new tuberculosis treatment regimens: the essential role of translational and clinical pharmacology and microbiology. *PLoS Medicine*. 16:e1002842.
- Falzon, D., Schünemann, H.J., Harausz, E., *et al.* (2017). World Health Organization treatment guidelines for drug-resistant tuberculosis, 2016 update. *European Respiratory Journal*. 49.
- Fatima, S., Kumari, A., Das, G., *et al.* (2020). Tuberculosis vaccine: A journey from BCG to present. *Life Sciences*. 252:117594.
- Golden, M.P., y Vikram, H.R. (2005). Extrapulmonary tuberculosis: an overview. *American Family Physician*. 72:1761-1768.
- Gygli, S.M., Borrell, S., Trauner, A., *et al.* (2017). Antimicrobial resistance in Mycobacterium tuberculosis: mechanistic and evolutionary perspectives. *FEMS Microbiology Reviews*. 41:354-373.
- Jankute, M., Cox, J.A., Harrison, J., *et al.* (2015). Assembly of the mycobacterial cell wall. *Annual Review of Microbiology*. 69:405-423.
- Palomino, J.C., y Martin, A. (2014). Drug resistance mechanisms in Mycobacterium tuberculosis. *Antibiotics*. 3:317-340.
- Singh, R., Dwivedi, S.P., Gaharwar, U.S., *et al.* (2020). Recent updates on drug resistance in Mycobacterium tuberculosis. *Journal of Applied Microbiology*. 128:1547-1567.
- Udwadia, Z.F., Amale, R.A., Ajbani, K.K., *et al.* (2012). Totally drug-resistant tuberculosis in India. *Clinical Infectious Diseases*. 54:579-581.
- World Health Organization. (2006). *The global plan to stop TB, 2006-2015*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2022a). *Global Tuberculosis Report 2022*. World Health Organization. 68.
- World Health Organization. (2022b). *WHO consolidated guidelines on tuberculosis. Module 4: treatment-drug-resistant tuberculosis treatment, 2022 update*. World Health Organization.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Ciencia de Frontera

CIENCIA DE FRONTERA

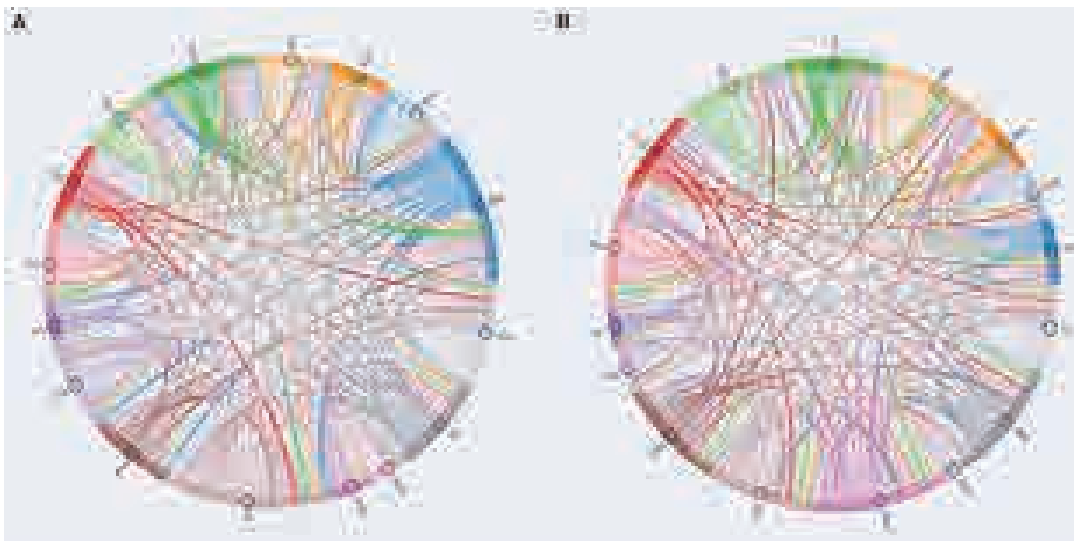
Matemáticas aplicadas para enfrentar retos biológicos: la propuesta interdisciplinaria de Ernesto Pérez Rueda

María Josefa Santos-Corral*

*Universidad Nacional Autónoma de
México, Ciudad de México, México.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx



Ernesto Pérez Rueda tiene una licenciatura en Biología por la Facultad de Ciencias-UNAM; es maestro en Investigación Biomédica Básica y doctor en Ciencias Biomédicas por el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno-UNAM. Su área de especialidad es la Bioinformática, en particular se ha ocupado de la comparación y reconocimiento de patrones para identificar elementos proteicos que definen el destino de la expresión genética en microorganismos y, adicionalmente, junto con su equipo, ha desarrollado un enfoque novedoso en la comparación de vías metabólicas, lo cual les permitió colaborar con grupos internacionales. Sobre estos temas ha publicado más de 90 artículos científicos y dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. En 2019 fue distinguido como Research Fellow del Centro de Genómica y Bioinformática de la Universidad Mayor, en Chile. Actualmente es investigador titular C de la Unidad Mérida del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) de la UNAM.



Similitud de organismos. Los colores muestran la similitud que existe en el metabolismo y la regulación genética entre las diferentes bacterias que se analizan (Galán-Vásquez y Pérez-Rueda, 2019).



¿Cómo descubre su vocación?

Es una pregunta realmente difícil. Cuando cursaba la Facultad de Ciencias, en Ciudad Universitaria, me llamaban la atención muchísimos temas, de hecho, había uno que me encantaba: los dinosaurios. Tenía un profesor de Paleontología que estudiaba fósiles de estos animales, él me acercó a la investigación. Luego tuve otras influencias, entre ellas la de un catedrático yucateco quien nos daba Bioquímica y nos ponía a pensar en asuntos como la manera en que podríamos llegar a los resultados de las reacciones y qué posibilidades había de obtener el mismo producto.

Eso despertó mi curiosidad. Además, pasé año y medio en el Instituto de Investigaciones Biomédicas, trabajando con el mal de Chagas, lo que me acercó a entender la enfermedad y a tener mi primer contacto directo con el sector que me interesó. Lo que no me gustó fue vivir en la Ciudad de México. Siempre quise irme. Así, en 1993, cuando encontré la oportunidad de hacer un posgrado en Cuernavaca, la tomé. Ahí conocí al Dr. Julio Collado Vides, mi mentor de licenciatura, maestría y doctorado, él me involucró directamente con la investigación y su proceso.

Julio era un científico que abordaba los problemas desde una perspectiva amplia, había estudiado en Estados Unidos y buscaba nuevas reglas para entender la Biología. Hacia mediados de los años noventa empezamos a recopilar cientos de datos provenientes de diversas fuentes. Lo anterior fue el detonante que despertó en mí preguntas del tipo ¿qué puedo hacer en investigación?, ¿cómo? y, específicamente ¿cómo puedo entender la naturaleza a través de lo que hago? La primera respuesta que encontré fue que una manera de entender la naturaleza es siguiendo la tendencia humana de clasificar. Así les explico a los alumnos: podemos

ordenar en categorías animales, plantas, etcétera, y con ello vamos entendiendo los procesos biológicos. Con estas preguntas, y sobre todo bajo la guía de mi mentor, surgió mi vocación.



¿Qué le hace transitar de la Biología a la Bioinformática?

Creo que mi carrera ha sido en buena medida consecuencia no sé si del azar o de la búsqueda de preguntas novedosas. Cuando llegué a Cuernavaca, mi mentor trabajaba en gramática generativa. Mi idea en ese momento era ocuparme en evolución. Teníamos en común que no hacíamos experimentos. Yo era muy malo, no me salían las cosas; él realizaba trabajos teóricos. Empezamos en lo que se había caracterizado como Biología computacional. Con el pasar del tiempo incursionamos en la Bioinformática, una combinación entre las ciencias computacionales y la Biología, que principalmente se aplica a la Biología molecular.

En aquel entonces teníamos diversos datos en la computadora y decíamos, ¿y ahora qué hacemos?, ¿qué nos preguntamos? La respuesta la encontramos en dos vías: una manual, como lo había hecho él en su posdoctorado, o bien podíamos introducir conceptos informáticos. Ahí comenzamos a realizar trabajos en Bioinformática. Hablamos de 1994 o 1995, aproximadamente. Me gustó porque tienes que interactuar con computólogos, matemáticos y físicos. Lo interesante es que con esa mezcla llegas a soluciones que a veces no son las esperadas. Así es la Biología. Lo que sigue es explicar, desde el punto de vista biológico, qué está ocurriendo, y eso te lleva a incursionar en otros temas; además precisas valerte de conceptos de campos disciplinares distintos: Estadística, Física o Matemáticas.

Un ejemplo de lo anterior ocurrió cuando, en 1996, aproximadamente a la mitad de mi doctorado, comenzó el *boom* de las ciencias genómicas. El preámbulo en el montaje de toda la tecnología y secuenciar el genoma humano. En 1995 aparece el primer organismo completamente secuenciado, la bacteria *Haemophilus influenzae*, que puede causar neumonía. Estábamos muy contentos porque teníamos el genoma completo de una bacteria, que aunque chiquitita, marca la carrera de toda la secuenciación de organismos que se han ido liberando. A la fecha debe haber cerca de 100,000 organismos completamente secuenciados. En un lapso de 25 años pasamos de uno hasta 100,000, aproximadamente.

Esto significa que en los noventa hacíamos la comparación de un organismo contra otro, ahora la tenemos que hacer de 100,000 contra 100,000. Lo que dificulta también encontrar y “limpiar” las repeticiones. ¿Cómo quitamos ahora toda esa repetición, ese fenómeno recurrente en las grandes bases de datos? Primero hay que estar al pendiente de todos los nuevos organismos secuenciados y, segundo, de las diferentes herramientas que ayudan con el análisis de grandes cantidades de información.

Al dimensionar el problema, puedo señalar el caso de la mejor base de datos que conozco, una relacionada con la estructura de proteínas (el Protein Data Bank), tiene alrededor de 135,000 registros, los cuales puedes reducir a unos 50,000, o tal vez menos porque muchas son repeticiones. Ahora hay índices que tienen millones de secuencias, el desafío es eliminar redundancia y, posteriormente, analizarlas.



¿Qué retos supone trabajar desde la Biología con Matemáticas, integrar equipos, definir campos multidisciplinarios, abordajes, etcétera?

Eso sí nos ha costado. Sin embargo, hay ejemplos de colaboración bien interesantes, uno es el de un diseñador de algoritmos para hacer la comparación de proteínas, era físico, y básicamente la mayor parte de las notaciones que se han utilizado han sido diseñadas por físicos, quienes ven la oportunidad de analizar las proteínas como símbolos susceptibles de comparación. Ellos realizan los avances más significativos. En mi caso ha sido un poco difícil la interacción con gente de otra área; sobre todo explicar el fenómeno que queremos explorar.

Tal vez el éxito más sobresaliente que hemos tenido es con una colega del IIMAS, en Ciudad Universitaria, quien labora con algoritmos genéticos y fue mi entrada al Instituto. Ha sido difícil hablar o explicar los fenómenos que nos interesan a los matemáticos. Hemos tenido poca interacción. Hay una cierta barrera, no digo con todos, pero sí para que los biólogos sean aceptados en Matemáticas y los matemáticos en Biología. Se siguen viendo separadas, creo que nos falta ampliar nuestra perspectiva e integrarnos mejor.



¿En qué aporta a sus investigaciones el estar en un centro de Matemáticas aplicadas?

Me ha ayudado. Aunque estoy en el IIMAS-Mérida, considero que me pierdo de las cosas que ocurren en Ciudad Universitaria, donde se encuentra lo fuerte del Instituto, así que me he tenido que ir adaptando a lo que tenemos en Yucatán, lo que no es nuevo, pues también lo hice cuando me encontraba en Cuernavaca, primero en el Centro de Ciencias Genómicas y después en el Instituto de Biotecnología; en ambos casos mi área de interacción era principalmente con biólogos, aunque hablaba con algunos físicos que se ubicaban en el Instituto de Física.

La relación no era muy buena, sobre todo porque a veces no lograba explicar la idea o ellos no se mostraban muy interesados en lo que hacíamos. Y ahora, en el Instituto, tengo dos colaboradores muy cercanos, uno que se especializa en algoritmos genéticos y otro en teoría de redes. Entonces, tengo personal muy cercano que me ayuda a resolver los problemas, sobre todo de la parte de diseño de algoritmos.



¿Qué aplicaciones han tenido sus trabajos académicos?

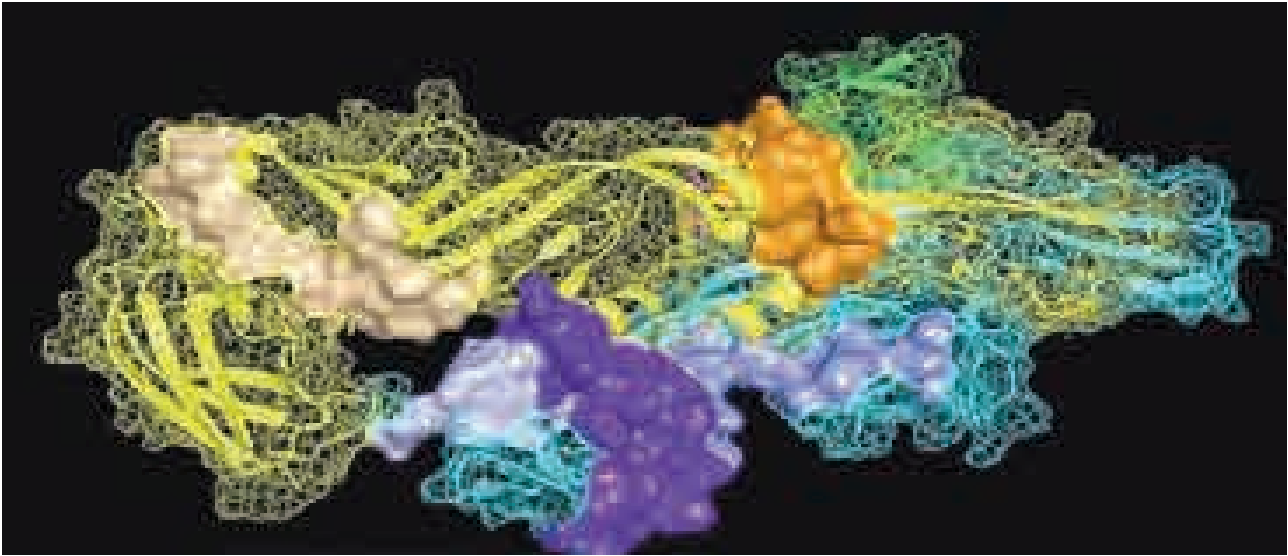
El grupo de bioinformática y genómica comparativa en el que colaboro codifica genes de ciertos organismos, para después tomarlos de referencia en la anotación de otros. A partir de ello puede caracterizar y buscar propiedades de éstos; verbigracia, las enzimas que degradan el plástico se caracterizan en un organismo y luego se pueden buscar en otros, utilizando algoritmos de comparación de patrones.

Este equipo está dividido en dos grandes líneas: la primera trata de entender cómo se regulan los genes en los organismos, sobre todo en bacterias. En la segunda comparamos y analizamos las vías metabólicas de los organismos. En ambas hemos tenido avances significativos. En específico, al observar el repertorio de proteínas que regulan la especie genética en un organismo moderno. El trabajo pionero (publicado en 1998) fue sobre *Escherichia coli*.

En el caso del metabolismo, nuestro grupo ha logrado obtener dos cosas: la perspectiva meramente teórica, la parte filosófica o evolutiva; la otra, en la que nos desempeñamos actualmente, tiene una aplicación más biotecnológica: mostrar que hay rutas alternativas a las vías metabólicas principales. Esto significa que, si bien hay una vía principal, que suele ser la que más se ha estudiado, hay alternativas que incluso pueden estar más conservadas. Con ello podemos trazar nuevos caminos en la producción de un compuesto parecido, tal vez, con mayor eficiencia.

Si lo aterrizas a la Biotecnología, significa la construcción de compuestos por rutas menos costosas. Adicionalmente, hemos trabajado en colaboración con gente de Yucatán, en el diseño de vacunas. Con ellos analizamos algunas proteínas del virus chikungunya, un problema muy serio en la península. Identificamos por aquellas regiones las proteínas de este virus con una alta capacidad inmunogénica. Utilizamos herramientas computacionales y las contrastamos con la información reportada en la bibliografía. Ahora mismo esperamos los análisis experimentales.

También, con colegas de Ensenada, llevamos tiempo ocupándonos en una proteína que se utiliza en el combate de leucemia infantil. En principio se podría obtener de una manera más fácil y barata. Se identifican las regiones



Virus chikunguya. Los colores muestran las regiones con potencial antigénico para la respuesta inmune (Sánchez-Burgos *et al.*, 2021).

inmunogénicas, se enmascaran y que no desencadenen la respuesta inmune en el humano, pero sí dejarlas directamente sobre las células cancerosas. La idea es que este vehículo llegue a ellas envuelto en una carcasa, se abra y libere la proteína, a manera de caballo de Troya.



¿Dónde considera que han estado sus aportes más importantes: Biología, Matemáticas, un nuevo campo disciplinar?...

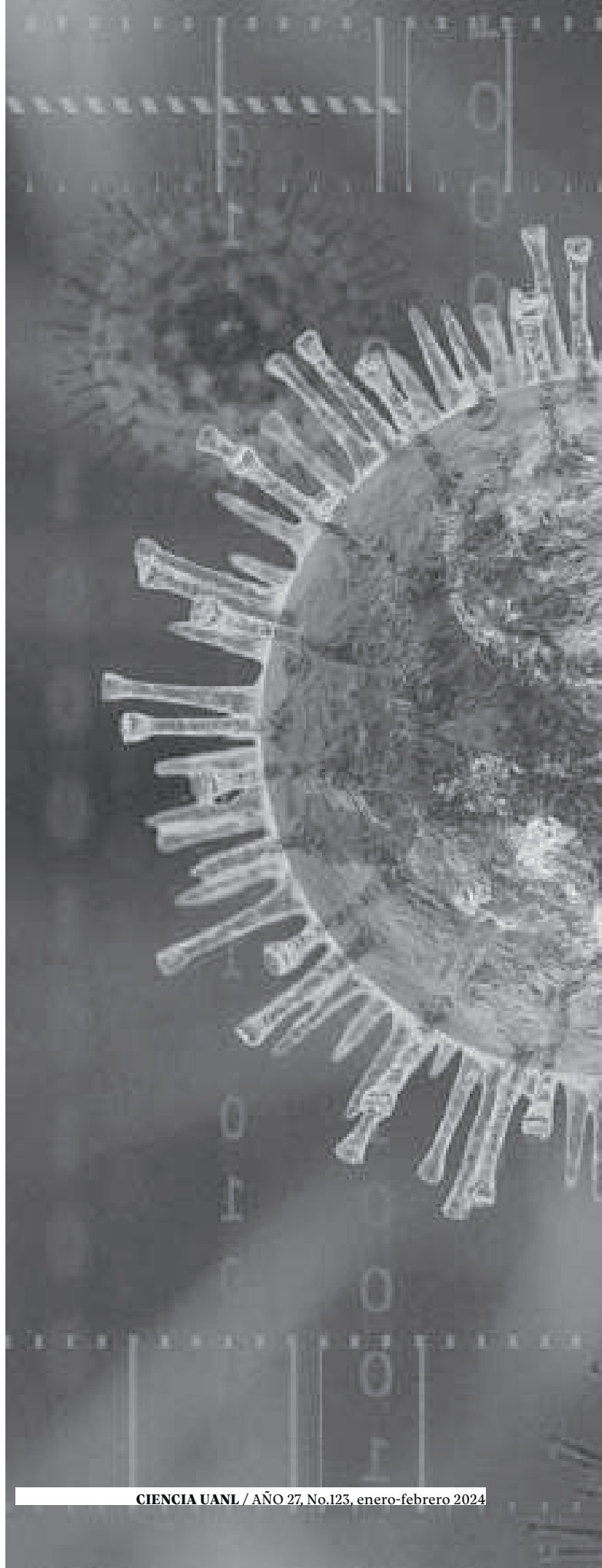
Creo que en Biología. En este momento estoy colaborando con un estudiante de doctorado en el diseño de técnicas de *machine learning* en el análisis de secuencias de DNA, una especie de clasificador. Allí la aportación va en dos sentidos: uno, el algoritmo tal cual para clasificar; utilizamos las propiedades biofísicas de los nucleótidos y convertirlos en atributos numéricos. Vemos una cadena de ADN como si fueran atributos numéricos y los compara-

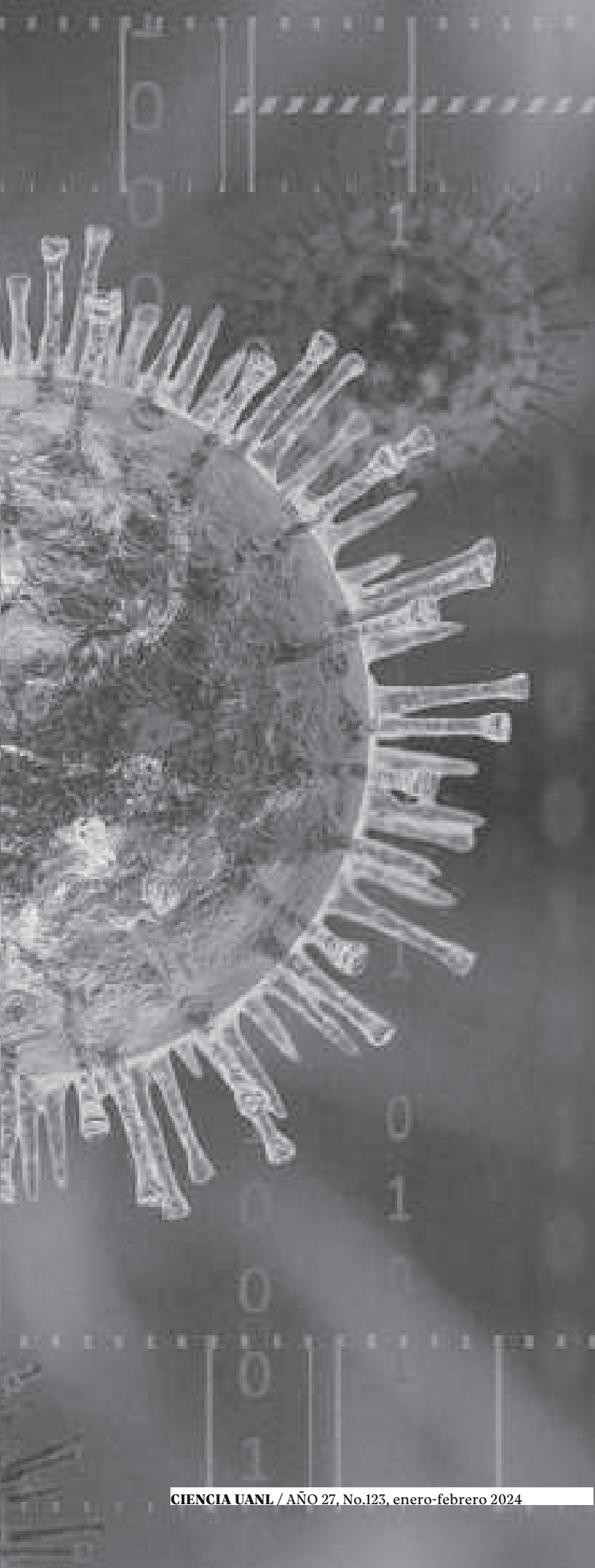
mos, esto nos lleva a encontrar una región importante con una función determinada. Ese es el aporte en la parte biológica, es decir, vamos a ver cuáles son las regiones que identificamos sin considerar la secuencia.

El segundo aporte es en la parte informática, el diseño del algoritmo que toma en cuenta datos biofísicos. Ahí convergen varias aristas: Biofísica, Física y cómputo, donde tenemos que llevar a cabo el diseño de un algoritmo que nos analiza la secuencia. Ejemplo de lo anterior es lo que hicimos con Edgardo Galán, del IIMAS; analizamos, desde la teoría de redes, la interacción de los distintos fármacos aprobados por la Federal Drug Agency (FDA) de Estados Unidos con proteínas y genes. Encontramos que un mismo fármaco puede reconocer distintas cosas.

Hay medicamentos agresivos recetados en el tratamiento de Alzheimer, o esquizofrenia, con más efectos secundarios que beneficios. Para ilustrar mencionaré la amoxapine, prescrita como antidepresivo, reconoce los mismos blancos que otros 380 fármacos; sin embargo, los otros blancos que reconoce se asocian a medicamentos que tratan alcoholismo, alergias o hiperplasia prostática. De ahí derivan montones de situaciones, una de ellas el reposicionamiento de medicinas, básicamente lo que hicieron cuando la pandemia de COVID. Si bien no inventamos nada nuevo, encontramos cuál es la diversidad de drogas que reconocen todas las diferentes proteínas y cuáles son reconocidas por la mayor cantidad de fármacos. Hay cosas muy interesantes y que podrían ser preocupantes, por ejemplo, existe un gen reconocido hasta por 15 medicamentos contra 15 enfermedades.

En esa misma línea trabajamos con un colega del IPN, analizando los genes que se expresan en diversas condiciones de cáncer de mama. Los identificamos utilizando una metodología de redes, para saber cuáles están más





conectados entre las distintas condiciones. Lo que sigue es encontrar los fármacos reconocidos por estos genes sobreexpresados. Posteriormente queremos, desde el campo del *docking*, descubrir nuevas interacciones entre medicamentos y proteínas.

¿Qué le ha dado la UNAM al doctor Pérez Rueda y usted qué le ha dado a la institución?

Yo te puedo decir que la UNAM me ha dado todo. Me ha permitido crecer como investigador, como persona. Soy universitario desde 1986, cuando ingresé al CCH Sur, a los 14 años, todavía recuerdo mi número de matrícula. La UNAM me ha permitido crecer y me ha otorgado libertad de indagar lo que considero interesante.

Pienso que le he regresado mucho menos de lo que ella me ha dado, y citaría que he tratado de devolver lo recibido formando estudiantes, lo más importante del quehacer de la UNAM, o al menos mi labor más importante. Me gusta muchísimo la investigación, me apasiona. Diría Dobzhansky: "Nada tiene sentido en Biología si no está en la luz de la revolución". Yo diría, retomándolo: la investigación no tiene ningún sentido si no es a la luz de la formación de estudiantes. Si no formas estudiantes, no hay sentido. Algo que siempre les digo a los jóvenes, cuando ingresan, es que la única diferencia entre ellos y yo es el tiempo que tenemos dedicados al tema, al área. Los veo como colegas en ciernes, simplemente porque están empezando.

REFERENCIAS

Galán-Vásquez, E., y Pérez-Rueda, E. (2019). Identification of Modules With Similar Gene Regulation and Metabolic Functions Based on Co-expression Data. *Front. Mol. Biosci.* 6:139. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2019.00139>

Martínez, G.S., Pérez-Rueda, E., Sarkar, S., *et al.* (2022). Machine learning and statistics shape a novel path in archaeal promoter annotation. *BMC Bioinformatics.* 23:171. <https://doi.org/10.1186/s12859-022-04714-x>

Sánchez-Burgos, GG., *et al.* (2021). In Silico Identification of Chikungunya Virus B- and T-Cell Epitopes with High Antigenic Potential for Vaccine Development. *Viruses.* 13:2360. <https://doi.org/10.3390/v13122360>

Descarga aquí nuestra versión digital.







Sustentabilidad ecológica

Educación para la sustenta- bilidad



Pedro César Cantú-Martínez*

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: cantup@hotmail.com



Hace tres décadas, el desarrollo sustentable se consideraba una medida pertinente y periférica al contexto del crecimiento económico convencional de las naciones. Hoy, sin embargo, hemos visto que se han generado programas y esfuerzos para la sustentabilidad en todo el mundo, y ésta se ha convertido en un tema importante de muchos grupos, incluidas las instituciones locales, nacionales e internacionales, sociedad civil, estructuras de gobierno, organizaciones no gubernamentales y académicas (Žalėnienė y Pereira, 2021).


Esta relevancia se manifiesta de diversos modos: edición de libros, artículos de revistas dedicados a esclarecer qué es e implementación de programas de investigación y preparación en numerosas universidades. Además, se han logrado acuerdos, pactos y leyes, en distintos ámbitos, con la finalidad de ir realizando los cambios que nos conduzcan a ella.

Sin embargo, no debemos permitirnos detener este mejoramiento generalizado que emergió en Brasil en 1992 con respecto al desarrollo sustentable, ya que ahora somos testigos del estrago que se genera con la génesis del cambio climático; por lo tanto, es momento de cerrar las discusiones acerca del enunciado de la sostenibilidad, pues es la única vía que perpetua nuestra sociedad (Kioupi y Voulvoulis, 2019).

Descomunales preguntas clave siguen siendo el núcleo del debate. Entre otras están ¿qué es?, ¿qué se quiere sostener?, ¿a quién se busca perpetuar? Aquéllos que dentro del movimiento abogan, responden a estas preguntas disímiles, particularmente si proceden o cumplen funciones diversas en la colectividad. Al presente, hay muchos propósitos e ideas variadas incluidas en el término.

No obstante, este discurso emergente representa la oportunidad de un cambio de paradigma y en la forma en que pensamos sobre el desarrollo, y la manera que se sostiene en tres dimensiones, social, finan-





ciera y ecológica, lo que despliega una visión integral de lo que representa (DeKay y Bennett, 2011). Por esta razón, en este manuscrito exploraremos el alcance, qué es la educación para la sustentabilidad, sus funciones e implicaciones; finalmente se concluirá con algunas consideraciones finales al respecto.

ALCANCE

La sustentabilidad surgió en calidad de crítica y alternativa al progreso convencional, respaldado únicamente por el crecimiento monetario. Un primer enfoque surgió en el concierto internacional con el ecodesarrollo (Sachs, 1974), término que Maurice F. Strong utilizó en 1973, con la finalidad de abatir la crisis socioambiental durante la década de los setenta, que fue cuando la gente comenzó a reconocer la dependencia del ser humano de la naturaleza y de los efectos que la industrialización conllevaba.

Particularmente, el ecodesarrollo describe cómo el avance económico y social debiera incluir en su programación y sistematización la variable del entorno (Estenssoro, 2015). Es pertinente aclarar que este concepto fue elaborado por Ignacy Sachs en la década de los sesenta, cuando argumentaba que era una representación colectiva y financiera, pero ajustado a las circunstancias ecosistémicas de cada país. Sin embargo, esta iniciativa lamentablemente no fue acogida por todas las naciones del mundo.

No obstante, el movimiento social y la preocupación se extendieron, dado que se siguieron sucediendo distintos acontecimientos en la década de los ochenta. Entre los que destacamos la explosión del reactor nuclear en Chernobyl (1986), el mayor accidente civil de la historia, y cuya región del siniestro abarcó Ucrania y Bielorrusia. Recordemos que se vertió una nube radioactiva que está aún afectando al entorno natural y a las personas, cuyo factor

estresante es altamente mutagénico (Mousseau, 2021). Y más tarde sucede el derrame de petróleo por el buque *Exxon Valdez* en Alaska (1989), vertiendo al océano y zona costera 11 millones de galones equivalentes a 41 millones de litros de petróleo crudo, generando uno de los más grandes desastres ecológicos y ecocidios (Kirsch, 2020).

Esto obligó a tomar conciencia de que las eventualidades eran producto del desenvolvimiento del adelanto industrial, que estaba generando –en distintos sitios– estragos: contaminación del agua, aire, suelo por diversos agentes químicos, y a la vez, la sociedad se percataba de la degradación de la calidad sanitaria. Adicionalmente, estos hechos promovían la vulnerabilidad de muchos lugares y comprometían a grandes masas de personas; el agotamiento de recursos renovables y no renovables era ostensible, también los altos precios de los productos básicos fruto de los elevados costos de elaboración.

Es así que, ante las catástrofes ambientales descritas, surge el informe "Nuestro futuro común", publicado en 1987 por las Naciones Unidas, el cual aborda la relación y diferencia entre el progreso, respaldado en el crecimiento monetario, y la sustentabilidad, considerando el capital ecológico. Asimismo, este documento, el "Informe Brundtland", realizado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que presidió Gro Harlem Brundtland, primera ministra de Noruega (Cantú-Martínez, 2015), planteó –durante la reunión de Río de

Janeiro en 1992– la necesidad de hallar un nuevo modelo alternativo que considere los riesgos que el crecimiento económico está produciendo, y a la vez contemple un enfoque integral que observe las preocupaciones ecológicas y que promueva el bienestar de todos.

El "Informe Brundtland" ha sido esencial en la promoción del concepto de desarrollo sustentable en todos los niveles del mundo. Al mismo tiempo ha contribuido a la adopción de políticas y prácticas sociales y financieras más acordes al entorno (Hajian y Kashiani, 2021). Una de las trascendentales contribuciones de la exposición del informe es la importancia de contar con responsabilidades comunes, pero particularmente diferenciadas de acuerdo con las condiciones socioeconómicas y ecológicas de cada nación.

Además, da la razón que las naciones más prósperas tienen un mayor compromiso histórico en la incubación de las dificultades del medio y en el fomento de un crecimiento inadmisibles que hasta hoy se ostenta. En tanto, las naciones no tan avanzadas poseen necesidades apremiantes de ascenso y bienestar, pero también les corresponde arrogarse su responsabilidad con más objetividad.



EDUCACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Son dos ideas íntimamente relacionadas y fundamentales que cambiarán y harán avanzar nuestra sociedad. El segundo puede transformar a la primera, y ésta es una poderosa herramienta en la promoción de la sustentabilidad. Según su presunción, éste promueve el bienestar, la preservación del hábitat y el respeto a la diversidad cultural, con la intención de que coexistan con el objetivo de que haya crecimiento y bonanza.

Acceder a lo expuesto significa que debemos adoptar un enfoque holístico y considerar los factores socioeconómicos y ambientales en todas nuestras decisiones y acciones. Esto es el núcleo de la formación para la sustentabilidad, impulsar y alcanzar este fin común. El enfoque está centrado en cumplir con los diversos requerimientos necesarios en la formalización de las exigencias (Maldonado, 2009). La parte medular de dicho argumento está constituida en un discurso que incide en los sistemas de creencias, puntos de vista sobre la vida, las interacciones que los humanos tienen con la naturaleza y entre sí.

Donde además se ventilan las condiciones sociales, económicas y ambientales que influ-

yen en el orden global, ya que las problemáticas existentes son sumamente complejas y transformadoras del entorno (Padilla y Anguiano, 2013). Algunos de los desafíos del mundo incluyen la producción de residuos y la contaminación del agua y aire, además de preocupaciones, por ejemplo, el empleo, los derechos, la igualdad de género, la paz y la seguridad, etcétera.

La iniciativa es revolucionaria y avanzada, porque plantea que la enseñanza se concentre en preceptos y valores subyacentes en la solidaridad y en la subsidiariedad. Se ocupa además por el contenido y el objeto de la alfabetización, y en condiciones más concretas, por toda clase de aprendizajes, cuestionando las maneras en que se imparte.

Es así que, por iniciativa de las Naciones Unidas, la UNESCO (2021) implementa el "Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sustentable" (2005-2014), iniciativa cuya empresa era acopiar y activar los recursos del orbe en el establecimiento de las bases de un futuro más razonable y próspero. Por lo tanto, según argumenta la UNESCO (2023), más adelante será la réplica del sector educativo ante los retos socioambientales inaplazables y espectaculares que estamos comprobando, y que cada vez son más complicados de resolver.

FUNCIÓN DE LA EDUCACIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD

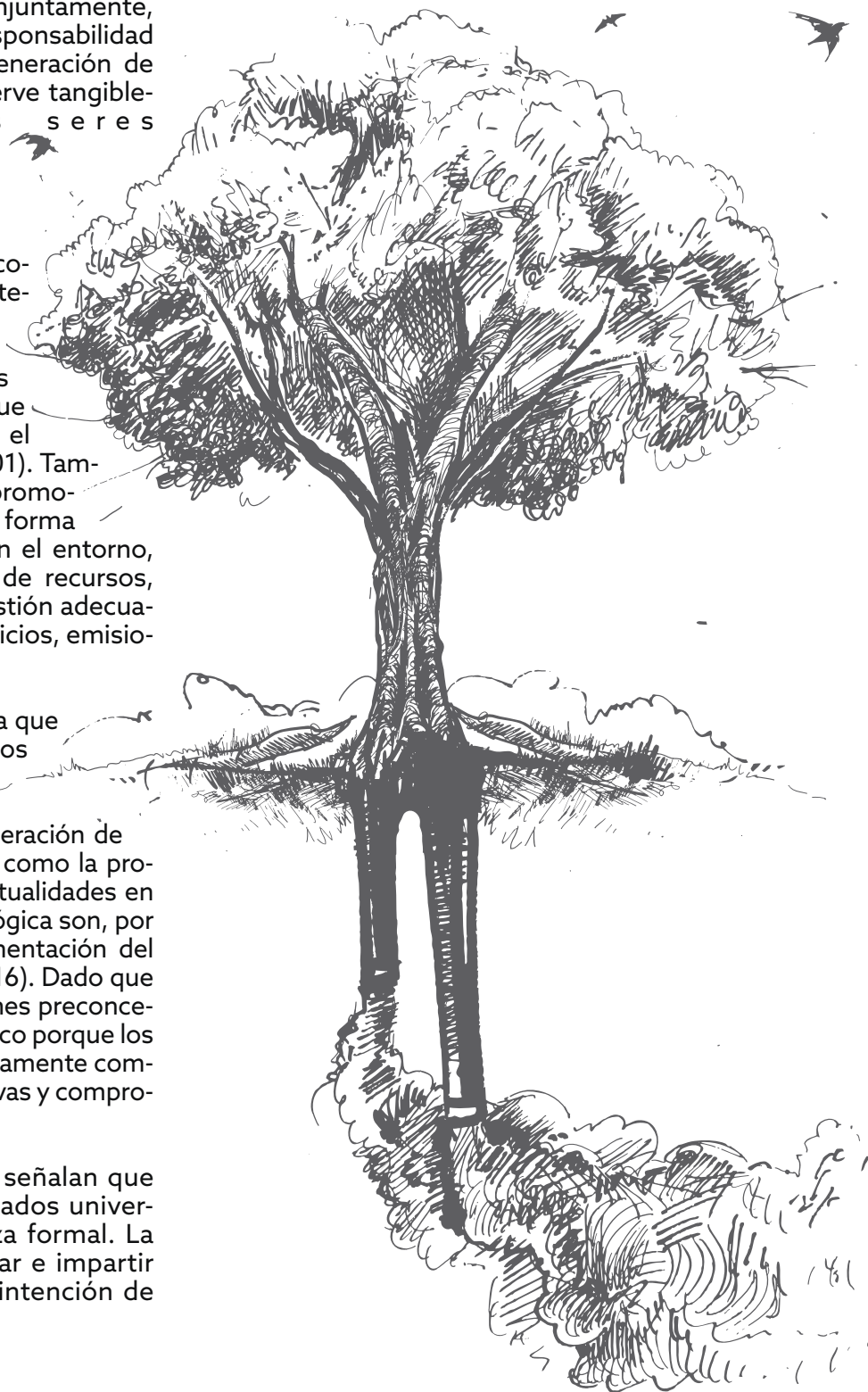
El tema es crucial en este proceso de transformación y lograr el desarrollo sustentable tan pertinente. Las personas deben recibir una formación de alta calidad y enfocada en el tema

que los dote de conocimientos, valores y destrezas a fin de advertir y afrontar los problemas sociales y ambientales que se enfrentan actualmente (Bonnett, 2002). Pero conjuntamente, debe fomentar el respeto y la responsabilidad por el entorno, e incentivar la generación de conciencia. De modo que se observe tangiblemente la interdependencia de los seres humanos y la naturaleza, sin dejar de lado los mayúsculos efectos de nuestras acciones.

Esto obliga a adentrarse en el conocimiento en relación con los sistemas nativos, la conservación de los recursos, el valor de la diversidad biológica y las consecuencias del cambio climático. Tópicos que son parte esencial para alcanzar el desarrollo sustentable (Foster, 2001). También incide en la importancia de promover la producción de alimentos de forma saludable, siendo respetuosos con el entorno, alcanzar un consumo sostenible de recursos, una eficiencia energética y una gestión adecuada de residuos, desechos, desperdicios, emisiones, entre otros aspectos.

A manera de resultado se espera que coexista una valoración crítica de los hechos que ayude a tomar decisiones basadas en datos objetivos y con principios éticos. La generación de pensamiento crítico y creativo, así como la promoción a la resolución de las eventualidades en las esferas social, monetaria y ecológica son, por tanto, los beneficios de la implementación del tema que nos ocupa (González, 2016). Dado que es necesario romper con las nociones preconcebidas sobre el crecimiento económico porque los desafíos que enfrentamos son sumamente complejos y requieren soluciones creativas y comprometidas.

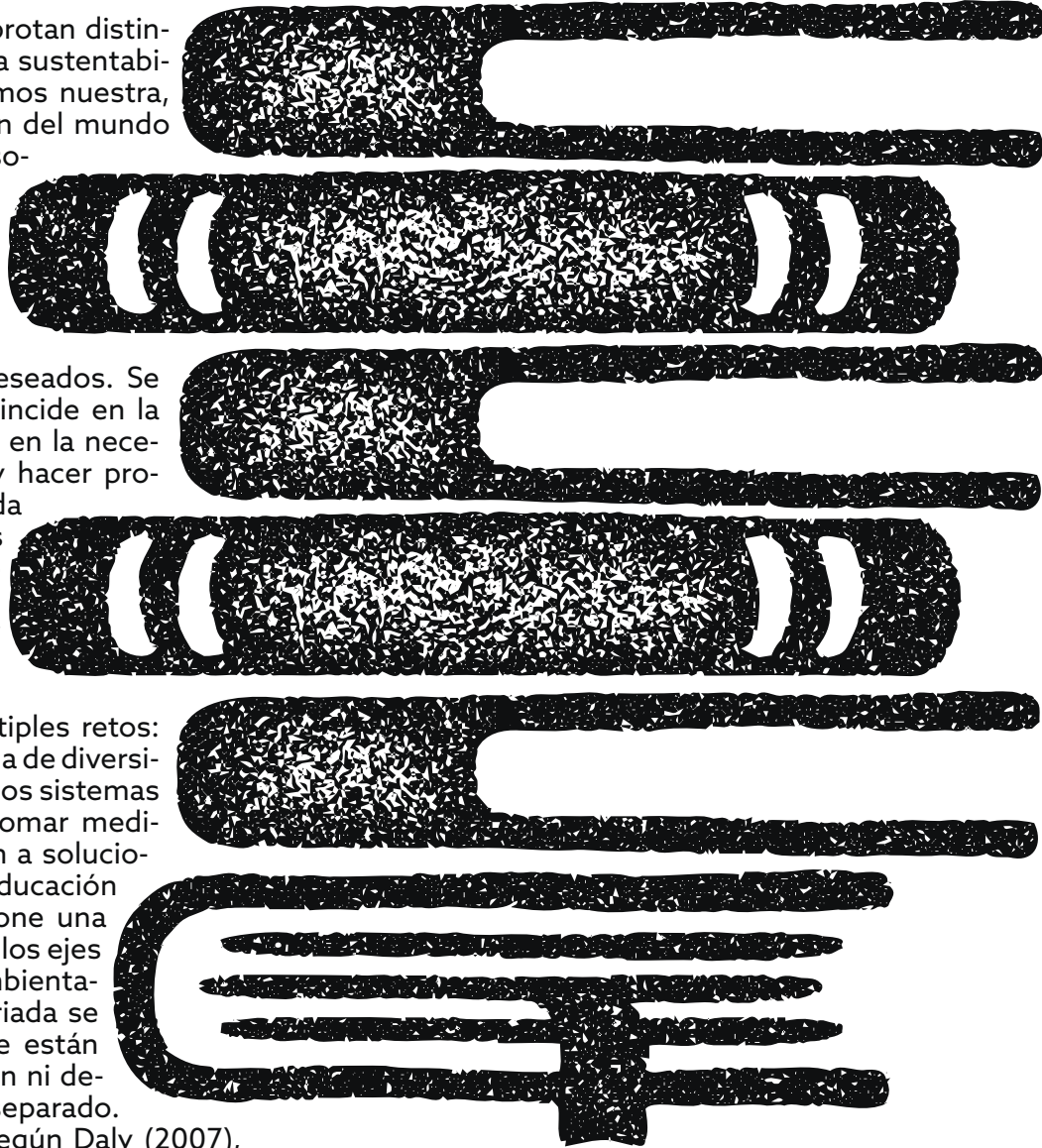
Martins, Mata y Costa (2006) señalan que desde el nivel elemental y los grados universitarios les incumbe la enseñanza formal. La cual se caracteriza por estructurar e impartir materias bien instituidas con la intención de



conceder las destrezas y conocimientos imprescindibles en la aplicación, efectiva y provechosa, de sus capacidades en la sociedad, y así fortalecer el desarrollo sustentable. Pero, además, las instituciones, en conjunto con el sector privado empresarial, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, deben ofertar la instrucción permanente, principalmente no formal, en cuyo caso la elección de elementos y materiales dependerá de las exigencias y propósitos de las organizaciones y la sociedad.

Al adoptar esta postura brotan distintas categorías de acceso a la sustentabilidad; de qué manera hacemos nuestra, como sociedad, cierta visión del mundo integrado por el ámbito socioeconómico y ecológico, de sus áreas problemáticas y de sus puntos móviles que generan múltiples intersecciones, que requieren distintas labores con miras a obtener los resultados deseados. Se destaca lo anterior porque incide en la equidad y justicia, al insistir en la necesidad de anular la miseria y hacer progresar las condiciones de vida de las colectividades más perjudicadas, respetando siempre las capacidades del entorno (Holden, Linnerud y Banister, 2017).

Pero también indica múltiples retos: el cambio climático, la pérdida de diversidad biológica, el oprobio de los sistemas naturales, la exigencia de tomar medidas perentorias en dirección a solucionarlos. En este sentido, la educación para la sustentabilidad expone una visión integral que armoniza los ejes financieros, sociales y ambientales, examinando que esta triada se afirma en las columnas que están interconectadas y no pueden ni deben ser consideradas por separado. Ya que de éstos emanan, según Daly (2007),



tres preceptos fundamentales a cumplir: solventar las necesidades humanas, resguardar la equidad y ponderar los límites ambientales, que se convierten en obligaciones éticas a lograrse, es decir, los valores universales a perseguir.

CONSIDERACIONES FINALES

La educación para la sustentabilidad se ha convertido en la marca más significativa en la historia de ésta. Dado que, a través de ella, destaca la importancia de la participación y empoderamiento de la ciudadanía, que induce al diálogo, la toma de decisiones consensuadas y documentadas; pero particularmente hace énfasis en que las soluciones más efectivas, acordes al tema, sólo pueden conseguirse mediante la cooperación y la colaboración de los diferentes actores, en los planos local, regional e internacional.

A lo largo de más de tres décadas, la educación y el desarrollo sustentable han influido paulatinamente en las políticas públicas y en las estrategias de expansión en todo el mundo. Esencialmente, al crear conciencia ante la exigencia de una perspectiva holística y equilibrada entre las tres dimensiones que lo constituyen, donde se reflexione tanto en la búsqueda del bienestar humano como del resguardo y respeto al entorno.

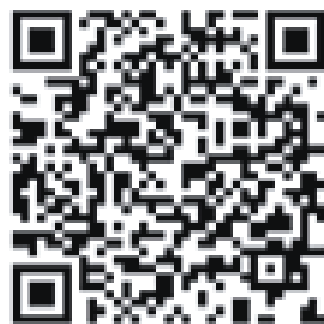
Dichos ajustes involucrarán instruir e ilustrar bajo los valores de la sostenibilidad, buscar otros modos o estilos de vida que finalmente coadyuven hacia un modelo con mayor compromiso con los 17 objetivos promulgados en 2015 y que serán evaluados en 2030. Esto sólo se logrará mediante una pedagogía para la sustentabilidad.

REFERENCIAS

- Bonnett, M. (2002). Education for Sustainability as a Frame of Mind. *Environmental Education Research*. 8(1):9-20.
- Cantú-Martínez, P.C. (2015). *Desarrollo sustentable antes y después de Río+20*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León/Organización Panamericana de la Salud.
- Daly, H. (2007). *Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- DeKay, M., y Bennett, S. (eds.) (2011). *Integral sustainable design. Transformative perspectives*. Washington: Earthscan.
- Estenssoro, F. (2015). El ecodesarrollo como concepto precursor del desarrollo sustentable y su influencia en América Latina. *UNIVERSUM*. 30(1):81-99.
- Foster, J. (2001). Education as Sustainability. *Environmental Education Research*. 7(2):153-165.
- González, L. (2016). *Manual técnico de medio ambiente y desarrollo sustentable*. Madrid. Ed. Cultural.
- Hajian, M., y Kashiani, S. (2021). 1-Evolution of the concept of sustainability. From Brundtland Report to sustainable development goals. *Sustainable Resource Management*. 1-24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824342-8.00018-3>
- Holden, E., Linnerud, K., y Banister, D. (2017). The Imperatives of Sustainable Development. *Sustainable Development*. 25:213-226.
- Kioupí, V., y Voulvoulis, N. (2019). Education for Sustainable Development: A Systemic Framework for Connecting the SDGs to Educational Outcomes. *Sustainability*. 11(21):6104. <http://dx.doi.org/10.3390/su11216104>
- Kirsch, S. (2020). Between the devil and the deep blue sea: Objectivity and political responsibility in the litigation of the Exxon Valdez oil spill. *Critique of Anthropology*. 40(4):403-419.

- Maldonado, T.N.J. (2009). Educación ambiental para la sustentabilidad. *Horizonte Sanitario*. 8 (2):4-7.
- Martins, A.A., Mata, T.M., y Costa, C.A.V. (2006). Education for sustainability: challenges and trends. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 8:31-37.
- Mousseau, T.A. (2021). The biology of Chernobyl. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 52:87-109.
- Padilla, A., y Anguiano, H. (2013). El tema de la sustentabilidad en la educación formal en México. Antecedentes y balance actual. *Veredas*. 27:91-11.
- Sachs, I. (1974). Ecodesarrollo: un aporte a la definición de estilos de desarrollo para América Latina. *Estudios Internacionales*. 7(25):57-77.
- UNESCO. (2021). *El decenio de las Naciones Unidas para la EDS*. Disponible en: <https://bit.ly/30OUGPw>
- UNESCO (2023). *Educación para el desarrollo sostenible*. Disponible en: <https://www.unesco.org/es/education-sustainable-development>
- Žalėnienė, I., y Pereira, P. (2021). Higher Education For Sustainability: A Global Perspective. *Geography and Sustainability*. 2(2):99-106.

Descarga aquí nuestra versión digital.

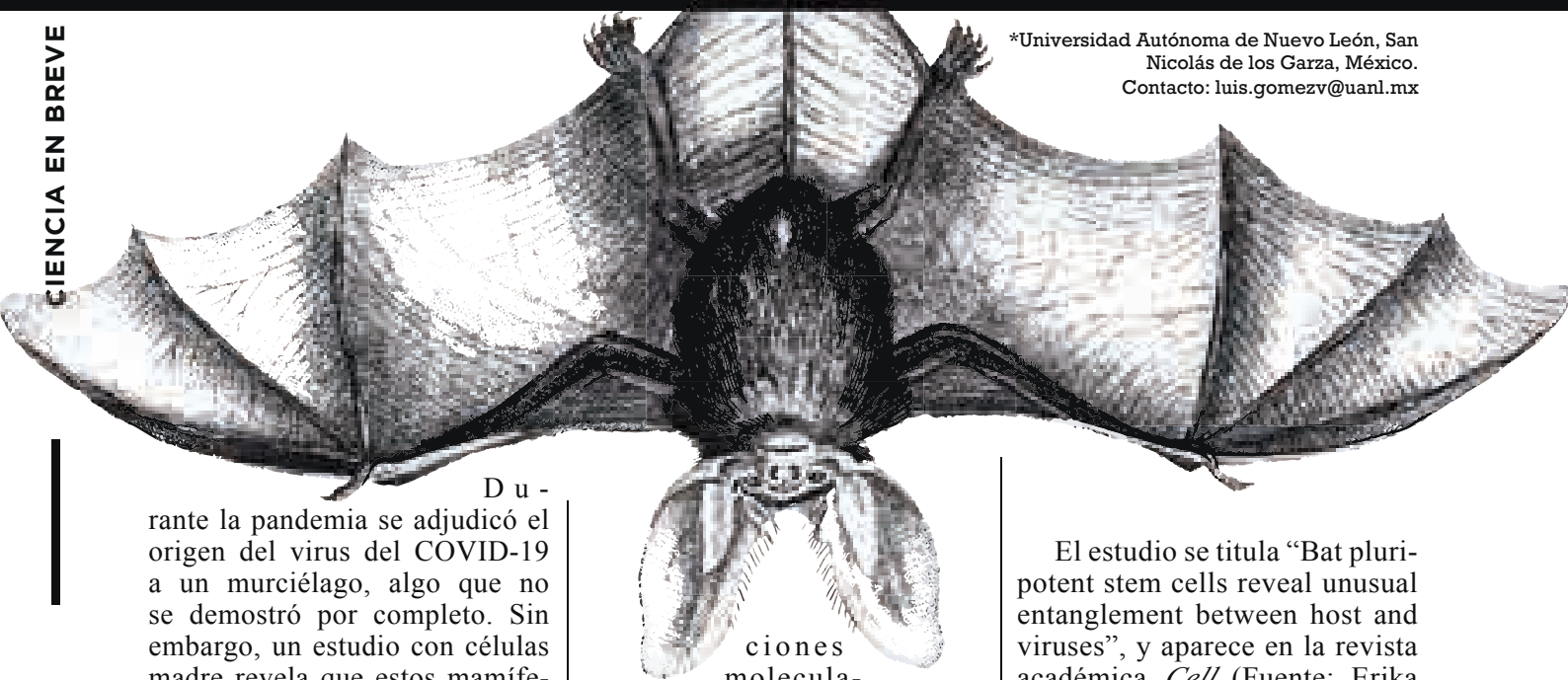


De células, sueño, corazón y envejecimiento

LUIS ENRIQUE GÓMEZ VANEGAS*

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: luis.gomezv@uanl.mx

CIENCIA EN BREVE



ciones
molecula-
res a sus hospedadores.

Durante la pandemia se adjudicó el origen del virus del COVID-19 a un murciélago, algo que no se demostró por completo. Sin embargo, un estudio con células madre revela que estos mamíferos han desarrollado mecanismos de tolerancia a virus, un hallazgo que podría esclarecer sus propiedades únicas en relación a la notable respuesta contra el envejecimiento y el cáncer.

El equipo del Centro Médico Monte Sinaí de Nueva York busca entender aspectos cruciales y únicos de estos mamíferos, algo limitado hasta el momento por la ausencia de modelos celulares de referencia. En su avance han generado las primeras células pluripotentes inducidas (iPSC) de murciélagos. Además, la nueva metodología ha puesto de manifiesto la estrecha relación evolutiva entre quirópteros y virus. De hecho, abre la puerta a indagar cómo estos últimos sobreviven, se propagan y evaden el sistema inmunitario a través de adapta-

Los hallazgos esclarecerían cuáles son las propiedades de dichos animales que les permiten tener una respuesta tan notable contra el envejecimiento y el cáncer. Hasta ahora, no existían modelos celulares fiables en la biología de los murciélagos o sus respuestas a las infecciones virales, lo que dificultaba la comprensión de sus adaptaciones genómicas. La nueva metodología desarrollada en este trabajo ha permitido obtener células pluripotentes inducidas a partir de las muestras de tejidos de *Rhinolophus ferrumequinum*. La especie se seleccionó porque pertenece a un grupo que es típicamente portador asintomático de coronavirus, incluyendo algunos estrechamente relacionados con el SARS-CoV-2.

El estudio se titula “Bat pluripotent stem cells reveal unusual entanglement between host and viruses”, y aparece en la revista académica *Cell* (Fuente: Erika López/CSIC).

El Alzheimer es otra enfermedad que le quita el sueño a más de uno y es que en tan sólo siete años, en 2030, una de cada cinco personas residentes en Europa y Estados Unidos habrá alcanzado los 65 años. En 2035, los individuos mayores de dicha edad superarán por primera vez en número a las menores de 18. En consecuencia, la prevención de los achaques relacionados con la edad, como la mencionada, una auténtica pandemia invisible, tienen una importancia creciente en la calidad de vida, la salud pública y la economía.

El envejecimiento es el principal factor de riesgo. Esta dolencia, que comienza varias décadas antes de mostrar los primeros síntomas, afecta ya a 1 de cada 10 personas mayores de

65 años, una cifra que se incrementa hasta tres de cada diez a partir de los 85.

Sin medicación efectiva que al menos frene la progresión de tan devastadora patología, la prevención se convierte en la mejor manera, de momento, de disminuir la incidencia del mal que Alois Alzheimer describió por primera vez en 1906, y que es uno de los mayores retos de la medicina actual.

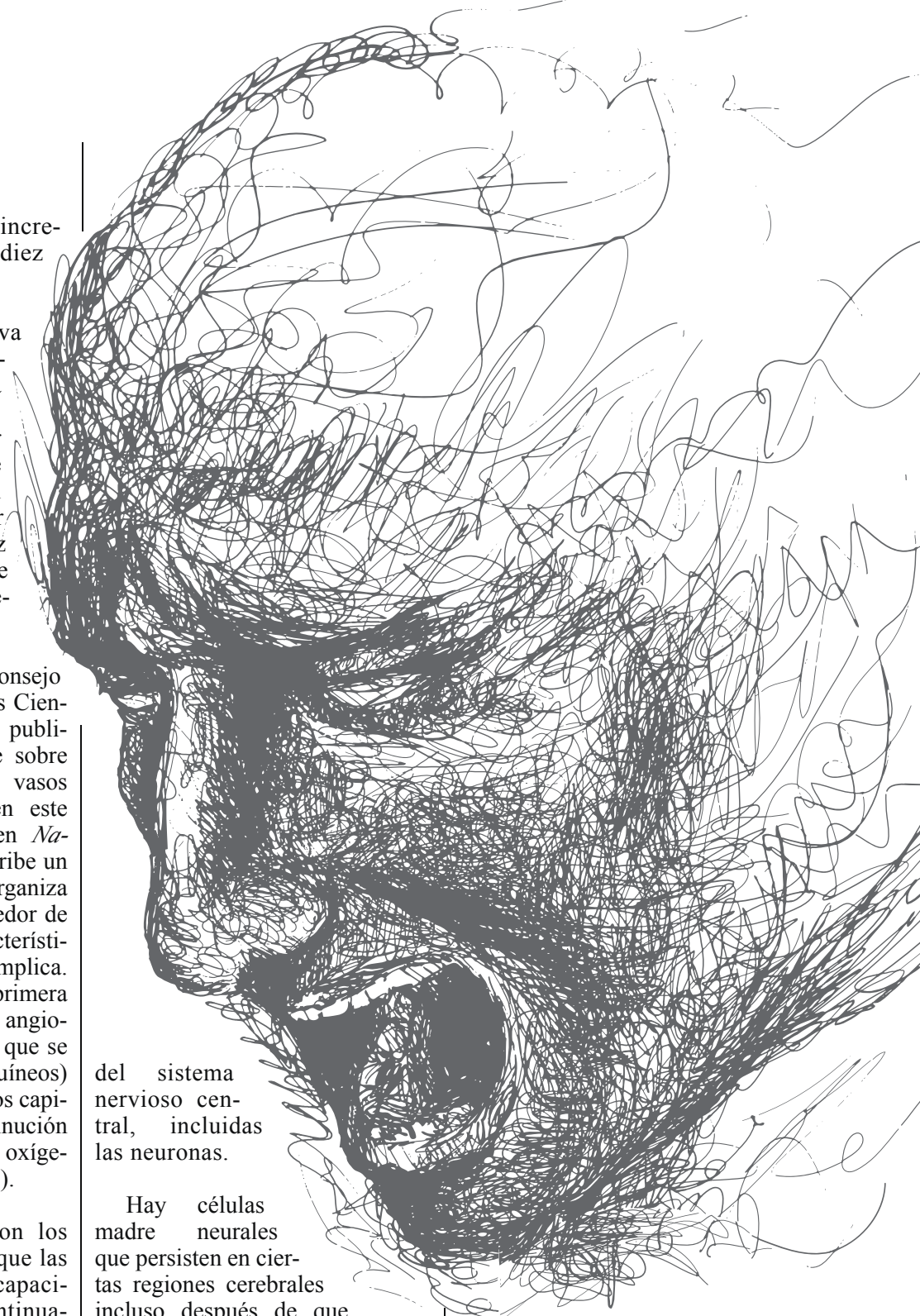
El laboratorio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en España publicó un hallazgo importante sobre el comportamiento de los vasos sanguíneos del cerebro en este padecimiento. Publicado en *Nature Communications*, describe un nuevo mecanismo que desorganiza los vasos sanguíneos alrededor de las placas de amiloide características del Alzheimer y la complica. El estudio demuestra por primera vez que un problema en la angiogénesis (mecanismo por el que se generan nuevos vasos sanguíneos) provoca la destrucción de los capilares y, por tanto, una disminución en el aporte de nutrientes y oxígeno al cerebro (fuente: CSIC).

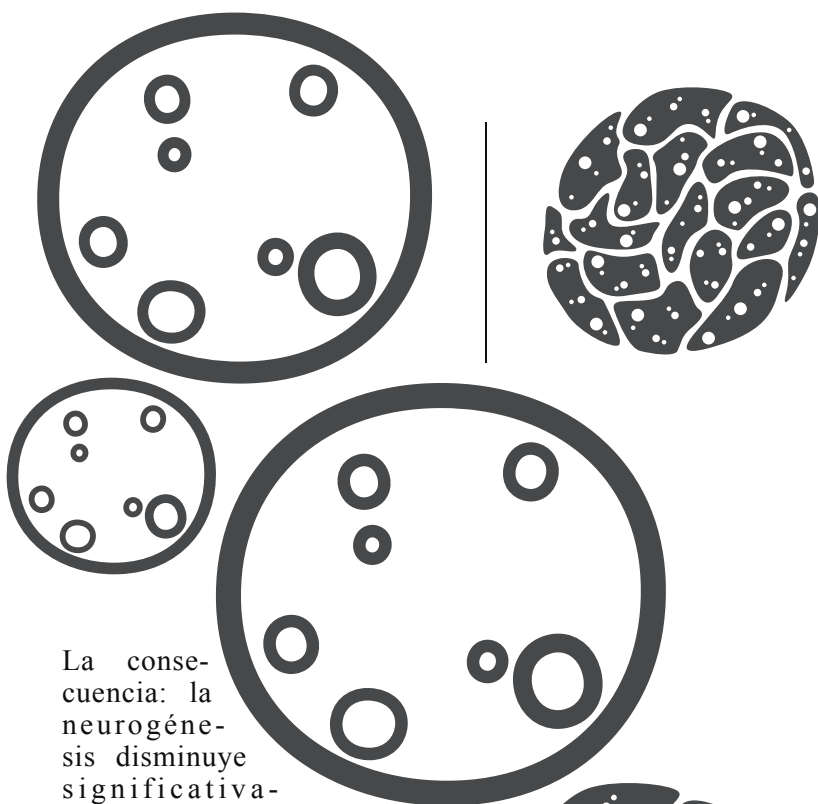
Y ya que andamos con los adultos, quiero platicarte que las células madre tienen la capacidad única de realizar continuamente copias de sí mismas y dar lugar a células diferenciadas con funciones más especializadas. Las neurales son responsables de la construcción del cerebro durante el desarrollo embrionario, generando todas las células

del sistema nervioso central, incluidas las neuronas.

Hay células madre neurales que persisten en ciertas regiones cerebrales incluso después de que el cerebro esté completamente formado. Éstas son capaces de fabricar nuevas neuronas a lo largo de toda su vida. Este fenómeno biológico, denominado neurogénesis adulta, es importante para funciones específicas como los pro-

cesos de aprendizaje y memoria. Sin embargo, en el cerebro adulto, se vuelven más silenciosas o “latentes” y reducen su capacidad de renovación y diferenciación.

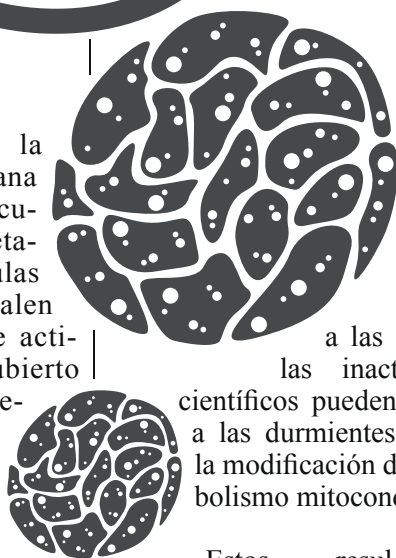




La consecuencia: la neurogénesis disminuye significativamente a medida que la persona envejece.

En el laboratorio de la Universidad de Lausana (UNIL) en Suiza, han descubierto un mecanismo metabólico por el que las células madre neurales adultas salen de su estado latente y se activan. También han descubierto cómo hacer que este proceso se ponga en marcha.

Los especialistas descubrieron que las mitocondrias, los orgánulos productores de energía dentro de las células, intervienen en la regulación del nivel de activación de las neurales adultas. El transportador mitocondrial de piruvato, un complejo proteico descubierto hace once años, desempeña un papel particular en la regulación. Su actividad influye en las opciones metabólicas que utilizan. Conociendo las vías metabólicas que distinguen



a las activas de las inactivas, los científicos pueden despertar a las durmientes mediante la modificación de su metabolismo mitocondrial.

Estos resultados, publicados en *Science Advances*, "Mitochondrial pyruvate metabolism regulates the activation of quiescent adult neural stem cells", son prometedores en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas en humanos (fuente: NCYT).

Con el paso del tiempo, cada vez se conocen más casos de celiaquía, con un crecimiento exponencial. Según los expertos, se debe a dos razones: una, que debido a factores medioambientales la cantidad de celíacos está en aumento, y otra, que los diagnósticos han mejorado y permiten detectar más casos. Además, junto con la celiaquía, el gluten provoca también otros trastornos.

Un equipo ha realizado un seguimiento de los productos sin gluten durante nueve años para analizar si presentan carencias desde el punto de vista nutricional o si, por el contrario, son tan válidos como los provistos de gluten y representan una mejor opción alimentaria.

El incremento de casos de celiaquía, y de intolerancia al gluten en general, ha llegado a la percepción pública, lo cual ha generado un problema, ya que mucha gente considera que una dieta sin éste es más sana que una que lo contiene. Y esa creencia errónea puede ser contraproducente.



Se cargan a la dieta ciertos atributos que en sí mismos no están relacionados con ella. Los datos de muestran que aquéllos sin gluten no son más sanos. De hecho, al comparar 200 alimentos sin él con sus equivalentes con éste, se encontró que no son nutricionalmente equivalentes. Muchos de los sin gluten contenían más lípidos insaturados (o grasas nocivas) que los que sí lo presentaban, tenían además un aporte de fibra más reducido y era necesario controlar su cantidad de sal y proteínas.

El estudio se titula “Gluten-Free Products: Do We Need to Update Our Knowledge?”, y aparece en la revista académica *Foods* (fuente: UPV/EHU).

Por otro lado, el consumo de agua es un hábito nutricional al que a menudo no se le da importancia, pese a ser el componente más abundante del cuerpo humano y esencial para un buen funcionamiento físico. Organizaciones sanitarias y directrices dietéticas insisten en remarcar la necesidad de tomar agua, pero su relación con la función cognitiva prácticamente no se ha abordado.

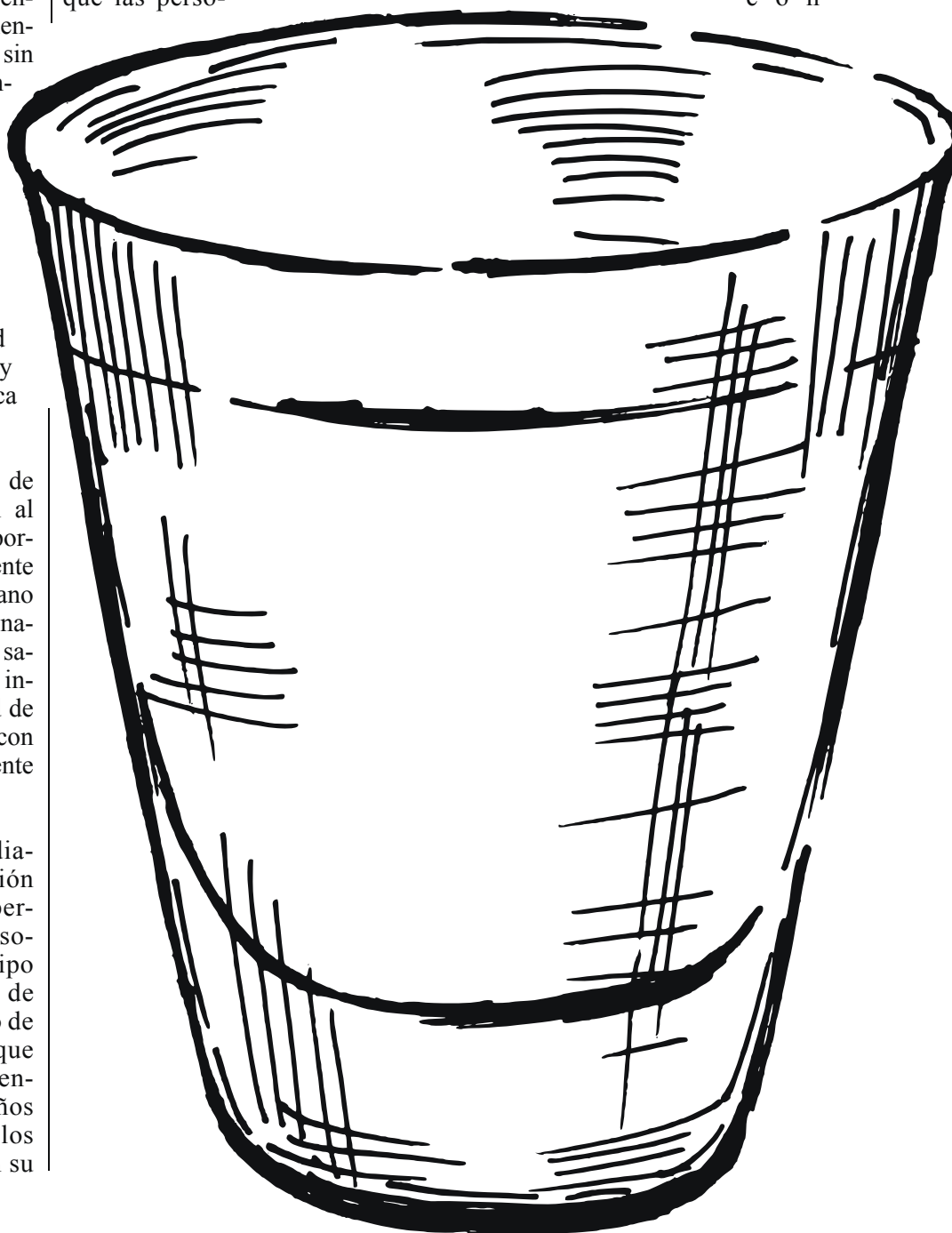
Ahora, un grupo ha estudiado la relación de la hidratación y la función cognitiva en personas adultas mayores con sobrepeso u obesidad. El equipo examinó el efecto del nivel de consumo de agua y del estado de hidratación en los cambios que se producen en el rendimiento cognitivo. Durante dos años de seguimiento, observaron los cambios que se generaban en su

salud cognitiva a partir de una serie de pruebas neuropsicológicas y una evaluación global de su salud cognitiva general.

Los resultados indicaron que las perso-

nas mayores con síndrome metabólico y sobrepeso u obesidad con una pobre hidratación presentaban con el tiempo un empeoramiento de la función cognitiva en comparación

c o n



las bien hidratadas. Esto se observó especialmente en los varones más que en las mujeres.

Estos resultados, titulados “Water intake, hydration status and 2-year changes in cognitive performance: a prospective cohort study”, y publicados en *BMC Medicine*, proporcionan mayor información sobre la relación potencial entre la ingesta de agua, el estado de hidratación y la salud cognitiva.

También destaca la necesidad de futuros trabajos de seguir investigando el impacto de consumir agua, así como las recomendaciones sobre la ingesta de líquidos y el estado de hidratación a largo plazo (fuente: URV).

En el mismo orden de ideas, la fibromialgia es un mal común caracterizado por una sensibilidad crónica generalizada a los estímulos dolorosos. Junto con el dolor crónico, la manifestación clínica suele implicar una serie de síntomas físicos y psicológicos, aumento de la fatiga física, ansiedad y



mala calidad del sueño, etcétera. Las características sintomáticas tienen un impacto en la vida diaria y el bienestar de un individuo, lo que limita su capacidad de realizar las tareas cotidianas, el trabajo y las actividades sociales. El impacto global es mayor en la salud física que en la psicológica. Actualmente no existe un tratamiento válido y único que palie los síntomas prevalentes, pero se dispone de tratamientos alternativos que disminuyen su impacto: los programas de entrenamiento físico.

En un estudio se ha llevado a cabo un programa de intervención de ejercicio físico centrado en entrenamiento de fuerza, progresivo y gradual en volumen e intensidad, orientado a las actividades diarias. Tras 24 semanas de aplicación se ha demostrado que es una opción válida al mitigar algunos de los síntomas determinantes de la fibromialgia, los cuales afectan en mayor medida a la calidad de vida: el dolor, el sueño y la condición física.

Publicado en el *International Journal of Environmental Research and Public Health*, bajo el título “Gradual Strength Training Improves Sleep Quality, Physical Function and Pain in Women with Fibromyalgia”, apoya la idea de este padecimiento como una condición multidimensional, por lo que

sus conclusiones señalan que no podemos generalizar en que toda práctica de ejercicio físico es útil, válida y efectiva para paliar todos y cualquier síntoma, sino que los programas se deberían orientar, en la medida de lo posible, a aquellos síntomas que queremos mejorar (fuente: UPM).

Mucha gente tiene que ingerir probióticos, complejos vitamínicos y minerales por sufrir algún tipo de dolencia, realizar ejercicio físico intenso o padecer estrés. Lo habitual es comprarlos en las farmacias, fundamentalmente dosificados en complejos granulados, encapsulados o en disolución. Unos científicos han presentado una alternativa más atractiva.



Estos científicos han desarrollado, tras más de dos años de esfuerzo, una nueva gama de bebidas vegetales probióticas con una bacteria procedente de la aceituna de mesa, el fermento con potencial probiótico *Lactiplantibacillus pentosus* LPG1.

Las bebidas, que están fortificadas con minerales y vitaminas, se lanzan al mercado con el nombre de BeWellDrinks, elaboradas, principalmente, con agua, frutas y vegetales. Contienen componentes de alto valor biológico, como los antioxidantes, la fibra, las vitaminas y los minerales, cuya concentración depende del tipo de vegetal. Y no han sufrido ningún tipo de proceso de fermentación, no contienen lactosa y tampoco grasas o proteína de origen animal.

Una de las grandes ventajas que tiene *L. pentosus* LPG1, según señalan sus creadores, es que se trata de un fermento natural aislado del proceso de elaboración de aceituna de mesa, por lo que su aclimatación y viabilidad en otra matriz vegetal es muy alta si se compara con otros microorganismos probióticos cuyo origen no sea vegetal. Su potencial ha sido validado en diversos estudios *in vitro* e *in vivo*, el último en un reciente ensayo clínico fase 1. Entre sus principales características destaca la reducción de los niveles de colesterol, actividad fitasa, actividad antiinflamatoria y una adecuada modulación de la microbiota intestinal.

Los investigadores destacan que la nueva gama de bebidas “podría ser una fuente de microorganismos beneficiosos en consumidores que tienen un cierto grado de intolerancia a la lactosa y que no pueden consumir probióticos a través de productos lácteos, aquéllos que necesiten de una dieta baja en colesterol o que, simplemente, conocen de las ventajas del consumo de frutas y vegetales” (fuente: CSIC).

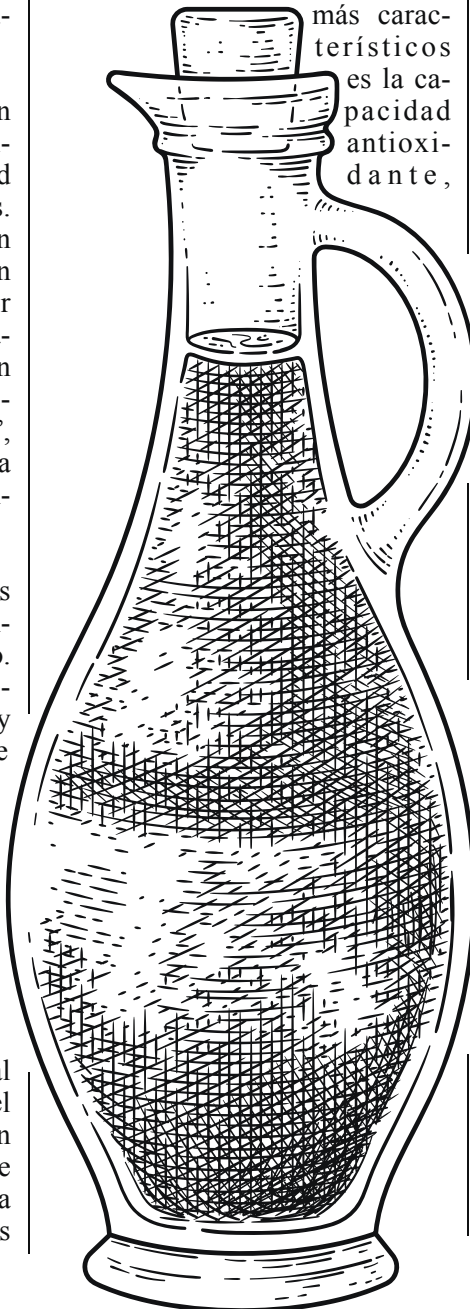
Pero no sólo los probióticos son benéficos, los efectos que el aceite de oliva ejerce sobre la salud han sido ampliamente estudiados. Pero se ha prestado poca atención al ácido oleico, que constituye un 70 u 80% de su composición. Por eso, unos especialistas han llevado a cabo un trabajo, “Update on Anti-Inflammatory Molecular Mechanisms Induced by Oleic Acid”, publicado en la revista académica *Nutrients*, centrado en éste y su influencia sobre la salud humana.

La dieta mediterránea es la más reconocida en la prevención de enfermedades y del envejecimiento. El olivo (*Olea europaea L.*) es común en la cuenca mediterránea y el aceite de oliva, que se extrae de su fruto, es el nutriente más característico y la principal grasa de dicha dieta, que se caracteriza también por un alto consumo de verduras, un consumo moderado de pescado, un consumo bajo-moderado de lácteos y un consumo bajo de carnes rojas.

El ácido oleico es el principal ácido graso monoinsaturado en el sistema circulatorio humano. En el cerebro, es un gran componente de los fosfolípidos de la membrana y es muy abundante en las vainas

de mielina de las neuronas. Se ha observado una disminución significativa de éste en los cerebros de pacientes con trastornos depresivos mayores y Alzheimer.

Como todos los ácidos grasos libres, tiene la función principal de ser una molécula energética y un componente de las membranas celulares. Uno de sus efectos más característicos es la capacidad antioxidante,



ya que puede regular directamente la síntesis y la actividad de las enzimas antioxidantes. Otra propiedad beneficiosa es su efecto hipocolesterolémico: disminuye la expresión de proteínas relacionadas con el transporte de colesterol, disminuyendo su absorción y previniendo la aterosclerosis.

El ácido oleico también es una sustancia anticáncer debido a los efectos de inhibición de dicho nutriente sobre la sobreexpresión de oncogenes y sus efectos sobre la muerte celular programada (fuente: Universidad de Sevilla).

Y si de trastornos del corazón se trata, una investigación ha explorado hasta qué punto hay relación entre dormir poco y sufrir ciertas dolencias cardiovasculares. Aunque descansar bien también tiene que ver con disponer de un buen colchón, tan importante o más es dormir el número adecuado de horas.

Los científicos se centraron en múltiples aspectos de la salud del sueño, como el grado de regularidad, el nivel de satisfacción, la intensidad del estado de alerta durante las horas de vigilia, y cotejaron toda esa información con la relativa a cardiopatías diagnosticadas por los médicos. Descubrieron que cada incremento adicional en los problemas de salud del sueño se asociaba con un aumento de 54% del riesgo de cardiopatía.

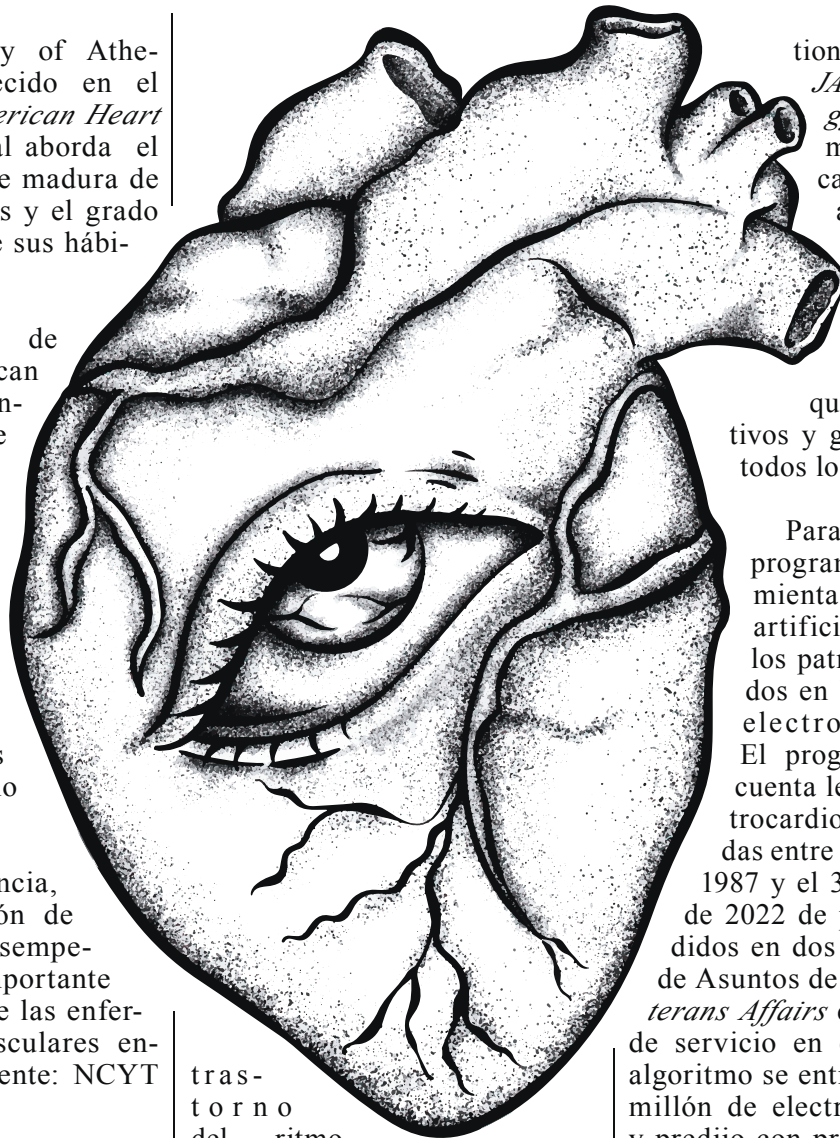
“Sleep health composites are associated with the risk of heart disease across sex and race”, publicado en *Scientific Reports*, está en consonancia con “Sleep Irregularity and Subclinical Markers of Cardiovascular Disease: The

Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis”, aparecido en el *Journal of the American Heart Association*, el cual aborda el riesgo para la gente madura de sufrir aterosclerosis y el grado de irregularidad de sus hábitos de sueño.

Los resultados de este último indican que dormir una cantidad inconstante de horas cada noche y quedarse dormido a horas diferentes puede aumentar el riesgo de desarrollar aterosclerosis en adultos mayores de 45 años, en comparación con las personas con hábitos de sueño más constantes.

En consecuencia, mantener un patrón de sueño constante desempeñaría un papel importante en la prevención de las enfermedades cardiovasculares entre los adultos (fuente: NCYT de Amazings).

Finalmente te quiero contar que unos investigadores han comprobado que un algoritmo de inteligencia artificial (IA) podría detectar un ritmo cardíaco anormal en sujetos que aún no muestran síntomas. Este algoritmo, que identificó señales ocultas en pruebas de diagnóstico médico comunes, ayudaría a los médicos a prevenir mejor los accidentes cerebrovasculares y otras complicaciones cardiovasculares en quienes presentan fibrilación auricular, el tipo más común de



trastorno del ritmo cardíaco.

Los desarrollados anteriormente se han utilizado principalmente en poblaciones blancas. Éste funciona en diversos entornos y poblaciones de pacientes, incluyendo personas que han prestado servicio en el ejército y poblaciones desatendidas.

El artículo, titulado “Deep learning of electrocardiograms in sinus rhythm from US Veterans to predict atrial fibrilla-

tion”, publicado en *JAMA Cardiology*, permite una mejor identificación de una afección cardíaca oculta y sugiere la mejor manera de desarrollar algoritmos que sean equitativos y generalizables a todos los pacientes.

Para crearlo se programó una herramienta de inteligencia artificial que analiza los patrones encontrados en las lecturas del electrocardiograma. El programa toma en cuenta lecturas de electrocardiogramas tomadas entre el 1 de enero de 1987 y el 31 de diciembre de 2022 de pacientes atendidos en dos redes de salud de Asuntos de Veteranos (*Veterans Affairs* que han estado de servicio en el ejército). El algoritmo se entrenó en casi un millón de electrocardiogramas y predijo con precisión que los pacientes afectados sufrirían fibrilación auricular en un plazo de 31 días.

Los investigadores planean continuar estudiando el algoritmo como parte de ensayos clínicos prospectivos para saber si ayuda a identificar a quienes están en riesgo de sufrir un ataque cardíaco y un derrame cerebral. También planean desarrollar más algoritmos de inteligencia artificial (fuente: Cedars-Sinai Medical Center).

Descarga aquí nuestra versión digital.





COLABORADORES

Abril Cantú Berrueto

Profesora, investigadora y gestora. Licenciada en Psicología, maestra en Psicología del Deporte y doctora en Ciencias de la Cultura Física por la UANL. Realizó estancias doctorales en la Universitat de Valencia. Coordinadora del Doctorado en Psicología de la Actividad Física y del Deporte (UANL). Miembro del SNI, nivel I.

Alejandra Montoya Rosales

Investigadora biomédica de la inmunidad innata mediante técnicas celulares y moleculares, en la búsqueda de nuevos blancos terapéuticos en enfermedades infecciosas y crónicas degenerativas, áreas básica y traslacional. Miembro del SNI, nivel I.

Ana Laura Granados Tristán

Licenciada de Biotecnología Genómica, maestra y doctorante en Ciencias por la UANL. Realiza estudios experimentales en el CIBIN-IMSS. Su tema de investigación es sobre la resistencia a fármacos en la tuberculosis utilizando diversas técnicas moleculares y bioinformáticas.

Axel García Burgos

Médico cirujano por la Universidad Anáhuac Mayab de Mérida. Ha realizado estudios en hábitos alimenticios en la población rural yucateca, asociando el componente genético por medio de la leptina, la asociación del gen ACE en el sistema de renina angiotensina y pruebas moleculares.

Cindy Paola Salazar Cepeda

Estudiante de onceavo semestre de la FM-UANL. Miembro del grupo de Investigación y Prevención de Enfermedades Infecto-Contagiosas (GEEIC). Cuenta con curso en SVB/BLS de la American Heart Association y en Investigación en Alergia e Inmunología Clínica. Voluntaria en el Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud (Cidics).

Cristina Aidé Ramírez Colunga

Médica cirujana y partera por la UANL, tiene especialidad en Ginecología y Obstetricia y subespecialidad en Biología de la Reproducción Humana en el HU, "Dr. José Eleuterio González". Profesora de la FM y HU-UANL.

Daniela Miranda Rochín

Psicóloga clínica y deportiva. Licenciada en Psicología y especialista en Promoción de la Salud y Prevención del Comportamiento Adictivo por la UNAM; maestra en Psicología del Deporte, doctorante en Ciencias de la Cultura Física en la UANL y en Psicología de la Salud y del Deporte en la Universidad Autónoma de Barcelona. Se desempeña en consultorías en psicología deportiva, atención de primeros auxilios psicológicos e intervención en adicciones. Su línea de investigación se ha enfocado en inteligencia emocional y factores contextuales de la realidad social.

Elvira Zarazúa Morín (+)

Profesora investigadora de la FIC-UANL. Ha registrado dos patentes ante el IMPI. Sus líneas de investigación son síntesis y caracterización de materiales multifuncionales con propiedades fotocatalíticas para la degradación de compuestos orgánicos. Tiene perfil de-seable Prodep. Miembro del SNI, nivel I.

Guillermo Elizondo Riojas

Profesor del Departamento de Radiología, presidente del Comité de Investigación, ambos del HU "Dr. José Eleuterio González". Director de Investigación y de la revista *Ciencia UANL*. Presidente del Committee for International Radiology Education de la Radiological Society of North America (RSNA). Miembro de la Academia Nacional de Medicina de México (ANM), de la AMC, de la Federación Mexicana de Radiología (FMRI), del Consejo Mexicano de Radiología (CMRI), de la Alliance for Clinical Educators in Radiology (ACER), de la Association of University Radiologists (AUR) y del SNI.

Jeanette Magnolia López Walle

Profesora, investigadora y gestora. Licenciada en Psicología por la UNAM. Doctora en Actividad Física y Salud por la Universidad de Granada. Realizó posdoctorado en Psicología del Deporte en la Universitat de Valencia. Coordinadora fundadora de la Maestría en Psicología del Deporte y del Doctorado en Psicología de la Actividad Física y del Deporte de la UANL. Miembro en el SNI, nivel III.

Katia Peñuelas Urquides

Doctora en Ciencias, con especialidad en Microbiología, por la UANL. Investigadora en el CIBIN-IMSS. Miembro del SNI, nivel I.

Laura Adiene González Escalante

Doctora en Ciencias, con especialidad en Microbiología, por la UANL. Investigadora en el CIBIN-IMSS. Miembro del SNI, nivel I.

Leticia Myriam Torres Guerra

Premio Nacional de Ciencias en Tecnología Innovación y Desarrollo 2018. Investigadora emérita en el SNI. Directora general del Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Sus líneas de investigación son la síntesis y aplicación de materiales avanzados, como polvos y películas en proyectos de energía renovable y descontaminación sustentable. Cuenta con una patente para su comercialización.

Luis Enrique Gómez Vanegas

Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Co-rector de la revista *Ciencia UANL*.

María Fernanda Deloya Ardón

Médica cirujana por la UAM-Iztacala. Ha realizado estudios en la Universidad de Texas, así como cursos de ACLS y BLS, en el ámbito del área de reproducción y biología del desarrollo, y en la rehabilitación de padecimientos congénitos en pacientes pediátricos.

María Josefa Santos Corral

Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología, cultura y estudios sociales de la innovación. Imparte las asignaturas de ciencia y tecnología para las RI en la Licenciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

María Rocío Alfaro Cruz

Catedrática Conacyt adscrita al Departamento de Ecomateriales y Energía de la FIC-UANL. Doctora en Ingeniería y Ciencia de Materiales por la UASLP. Realizó una estancia posdoctoral en el CIMAV-Monterrey. Sus líneas de investigación están orientadas al depósito y caracterización de películas delgadas por técnicas físicas y métodos químicos de depósito, con aplicaciones en la generación de combustibles solares y la descontaminación de aguas y superficies. Miembro del SNI, nivel I.

Melissa Astrid López García

Médica cirujana y partera por la UANL, con especialidad en Ginecología y Obstetricia en el HU, “Dr. José Eleuterio González”. Residente de primer año de la subespecialidad en Biología de la Reproducción Humana.

Pedro César Cantú-Martínez

Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OIICE. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición (RESPyN)*. Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Selene M. García- Luna

Química bacterióloga parasitóloga, maestra en Biología Molecular; ingeniera genética y doctora en Microbiología. Su investigación ha estado enfocada en enfermedades infecciosas, además de las técnicas de reproducción asistida, específicamente en el área de embriología y andrología en el Centro Universitario de Medicina Reproductiva, del HU “Dr. José Eleuterio González”.

Lineamientos de colaboración

Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas:

- ciencias exactas
- ciencias de la salud
- ciencias agropecuarias
- ciencias naturales
- humanidades
- ciencias sociales
- ingeniería y tecnología
- ciencias de la tierra

Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades.

Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje **claro, didáctico y accesible**, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiéndose por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de máximo 100 palabras y código identificador ORCID de cada autor, ficha de datos y carta firmada por todos los autores (ambos formatos en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Material gráfico incluye figuras, dibujos, fotografías, imágenes digitales y tablas, de al menos 300 DPI en formato .jpg o .png y deberán incluir derechos de autor, permiso de uso o referencia. Las tablas deberán estar en formato editable.

- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos: título del trabajo, autor(es), código identificador ORCID, institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto de cada investigador.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato APA, incluyendo nombre y apellidos de la autoría.
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.

Criterios específicos para artículos académicos

- El artículo deberá ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Deberá considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deberán contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deberán presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptarán modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.

Criterios específicos para artículos de divulgación

- Los contenidos científicos y técnicos tendrán que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. El formato no maneja notas a pie de página.
- En el caso de una reseña para nuestra sección *Al pie de la letra*, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.



Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: <http://cienciauanl.uanl.mx/>
- Los autores deberán declarar que en el proceso de elaboración de la investigación o redacción del documento no hubo conflictos de intereses; en caso de haberse presentado, deberán indicar los acuerdos que efectuaron. Asimismo, de haber contado con financiamiento, deberán anotar la institución o el nombre del fondo de dónde provino.
- Todas las colaboraciones, sin excepción, deberán pasar por una revisión preliminar, en la cual se establecerá si éstas cumplen con los requisitos mínimos de publicación que solicita la revista, como temática, extensión, originalidad y estructuras. Los editores no se obligan a publicar los artículos sólo por recibirlos.
- Todos los números se publican por tema, en caso de que un artículo sea aceptado en el dictamen, pero no entre en la publicación del siguiente número, éste quedará en espera para el número más próximo con la misma temática.
- Una vez aprobados los trabajos, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- Todos los artículos de difusión recibidos serán sujetos al proceso de revisión *peer review* o **revisión por pares**, del tipo **doble ciego**; los documentos se envían sin autoría a quienes evalúan, con el fin de buscar objetividad en el análisis; asimismo, las personas autoras desconocen el nombre de sus evaluadores.
- Bajo ningún motivo serán aceptados aquellos documentos donde pueda ser demostrada la existencia de transcripción textual, sin el debido crédito, de otra obra, acción denominada como plagio. Si el punto anterior es confirmado, el documento será rechazado inmediatamente.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:
revista.ciencia@uanl.mx
o bien a la siguiente dirección:
Revista Ciencia UANL. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.
Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:
Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>

**¡SÍGUENOS EN NUESTRAS
REDES SOCIALES!**



Instagram: @revistaciencia_uanl



Facebook: RevistaCienciaUANL



Indicada en

Perseus

Wiblibot

Actualidad Iberoamericana
Cultura, Literatura y Arte

[RevistaCIBOAMAN](#) [RevistaCIBOAMAN_july](#) [RevistaCIBOAMAN](#)



ÍNDICE DE REVISTAS AMERICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

PROYECTO
CUIDEN

Libro
CIBOAMAN