



CIENCIAUANL

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

enero - febrero 2025

Año 28, número 129



- La prediabetes en México
- Biomateriales en la regeneración periodontal
- Resistencia a metilicina



Año 28,
Número 129
enero - febrero 2025



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 del Carmen 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
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González,
Ruth Nohemí Pérez Aguirre
Corrector de inglés: Alejandro César Argueta Paz
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza

CienciaUANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 27, N° 129, enero-febrero de 2025. 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, <https://cienciauanl.uanl.mx>, revista.ciencia@uanl.mx. Editora responsable: Melissa del Carmen Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102, Licitud de Título y Contenido: 14914, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E: en trámite. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Responsable de la última actualización de este número: Melissa del Carmen Martínez Torres. 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: 08 de enero de 2025, tiraje: 1,400 ejemplares. Fecha de última modificación: 08 de enero de 2025.

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 Humanidades, Ciencias y Tecnologías, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2024

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



La prediabetes en México, ¿una oportunidad para prevenir la diabetes tipo 2?

María Guadalupe López-Velázquez, Nicolás Camacho-Calderón, Cesar Campos-Ramírez

16 OPINIÓN



Ingesta alimentaria rica en nutrientes y el monitoreo de la composición corporal en mujeres deportistas

Myriam Zarai García-Dávila

24 EJES



Biomateriales, aliados indispensables en la regeneración periodontal

Gina Prado-Prone, Lorena Reyes-Carmona, Argelia Alma-guer-Flores

32 SECCIÓN ACADÉMICA

33

Una lección de microbiología a lo largo de la historia: la resistencia a meticilina

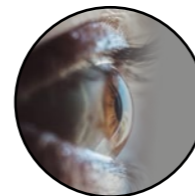
Flora Cruz-López, Adrián Martínez-Meléndez

39

Relación entre el estado de recuperación objetiva y subjetiva en jugadores bádminton

Mariela Flores-Cruz, Marina Medina-Corrales, Rosa María Cruz-Castruita

44 CURIOSIDAD



Pars planitis: una patología ocular que debe informarse
Nadia Flores-Huerta, Karla Tovar-Hernández, Matilde Ruiz-Cruz

54 CIENCIA DE FRONTERA



Piedritas que construyen rocas: la labor de Carmen Molina Torres en la aplicación de modelos de infección bacteriana
María Josefa Santos-Corral

62 SUSTENTABILIDAD



Educación para la sostenibilidad de la sociedad
Pedro César Cantú-Martínez

74 COLABORADORES

Ciencia

al servicio de la salud y la sociedad

129

EDITORIAL

Guillermo Elizondo-Riojas*

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

Descarga aquí nuestra versión digital.



En el constante avance del conocimiento humano, la ciencia se erige como un faro que guía nuestra comprensión del mundo y nuestra capacidad para transformar la realidad. Este número de la revista *CienciaUANL* nos invita a reflexionar sobre el impacto que la investigación científica tiene en nuestras vidas, especialmente en el ámbito de la salud y el bienestar.

En Ciencia y sociedad presentamos un artículo sobre la prediabetes en México, que plantea una pregunta crucial: ¿estamos aprovechando las oportunidades para prevenir la diabetes tipo 2, una enfermedad que afecta a millones de personas en nuestro país? Abordar esta problemática desde un enfoque preventivo no sólo mejorará la calidad de vida de los individuos, también reducirá la carga económica y social asociada con esta condición.

En la sección de Opinión se nos recuerda la importancia de considerar aspectos más allá de la enfermedad. La composición corporal en mujeres deportistas, tratada en esta edición, subraya cómo la medicina y la nutrición desempeñan un papel crucial en el rendimiento y la salud a largo plazo. Esta perspectiva es un recordatorio de la necesidad de un enfoque integral en el cuidado de la salud.

En el ámbito de la odontología, tema que se aborda en la sección Ejes, los biomateriales para la regeneración periodontal destacan la innovación en el uso de tecnología para resolver problemas que afectan directamente la calidad de vida.

Por otro lado, en la sección académica se hace un análisis sobre la resistencia a meticilina, el cual nos lleva a reflexionar sobre cómo los desafíos históricos de la microbiología siguen siendo relevantes y exigen soluciones creativas. En esa misma sección se estudia la relación entre el estado de recuperación objetiva y subjetiva en jugadores de bádmiton.

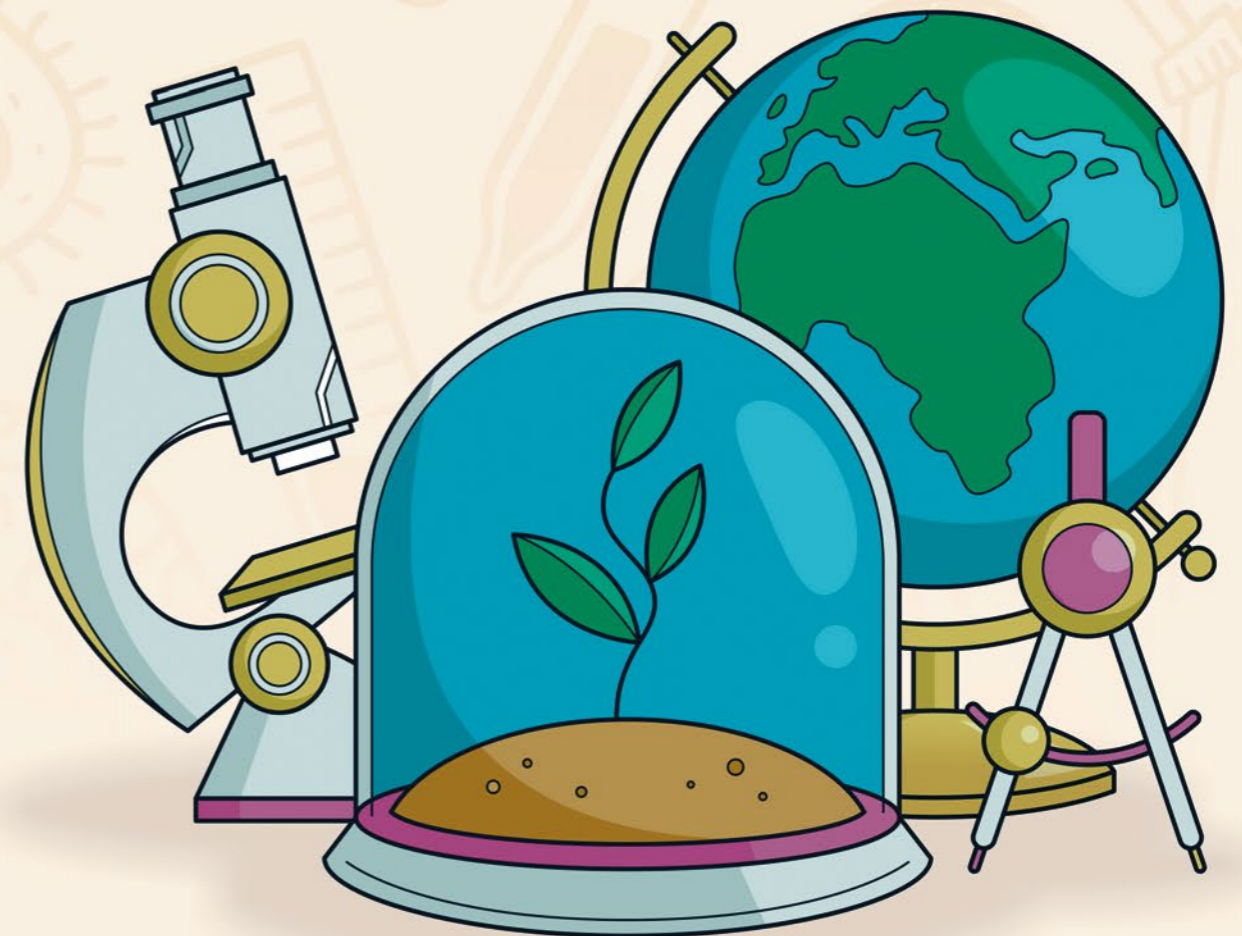
Mientras que, en la sección de Curiosidad, la pars planitis es presentada como una patología ocular que afecta sobre todo a la población infantil mexicana, sin duda un llamado a la acción para profundizar en la investigación aplicada que conecte la ciencia con las necesidades específicas de diferentes comunidades.

Finalmente, este número nos recuerda que la ciencia no se limita a resolver problemas de hoy, sino que debe construir soluciones para el ma-

ñana. La investigación sobre sostenibilidad ecológica y educación para la sostenibilidad refuerzan la importancia de adoptar un enfoque interdisciplinario y proactivo hacia los retos ambientales que enfrentamos como sociedad.

Desde mi perspectiva como médico, es un honor destacar la convergencia de disciplinas que este número presenta, mostrando cómo cada artículo contribuye a la construcción de un conocimiento más profundo y útil para todos. La ciencia tiene un propósito transformador, y nuestra labor es garantizar que sus frutos lleguen a quienes más lo necesitan.

Invito a nuestros lectores a sumergirse en estos textos, a debatir, reflexionar y, sobre todo, a aplicar lo aprendido en beneficio de nuestra comunidad.



La prediabetes en México,

¿una oportunidad para prevenir la diabetes mellitus tipo 2?

María Guadalupe López-Velázquez*
ORCID: 0000-0002-8375-1517

Nicolás Camacho-Calderón*
ORCID: 0000-0003-0238-1559

Cesar Campos-Ramírez*
ORCID: 0000-0001-5045-9109

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.129-1>

La prediabetes es una condición clínica previa a que se declare la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) en la que existe una elevación de la glucosa que va progresando a niveles muy altos característicos de la DM2 (Asociación Americana de Diabetes, 2023). Así, la prediabetes es una categoría intermedia en la que ya se comienzan a presentar niveles prominentes de glucosa y quienes la padecen es muy probable que desarrollen DM2. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 2022 (Ensanut, México, 2022) reportó una prevalencia de 22.1% de personas con este

padecimiento, que en proporción son dos de cada 10 adultos con edades de 20 años o más, los cuales tienen un mayor riesgo de desarrollar DM2 (Basto-Abreu *et al.*, 2023).

La DM2 es una enfermedad metabólica crónica, caracterizada por resistencia a la insulina y una deficiencia en su producción relativa o absoluta. Su origen es multicausal, desde factores genéticos, alimentación inadecuada, inactividad física y un estilo de vida no saludable (Galicia-García *et al.*, 2020). De acuerdo a la Federación Internacional de Diabetes, a nivel mundial había 537 millones



* Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
Contacto: lupita.lopez.nut@gmail.com, nicolas.camacho@uaq.mx, cesar.campos@uaq.mx

de personas con diabetes en 2021, esto significa que una de cada 10 personas padecía esta enfermedad, por lo que es considerada una epidemia y un reto para la salud pública. La tendencia es alarmante ya que se estima que 783 millones padezcan DM2 para 2045, que en proporción serían uno de cada ocho adultos con este diagnóstico (Federación Internacional de Diabetes, 2021). En México, las cifras son aún mayores, de acuerdo a la Ensanut, la prevalencia de DM2 fue de 18.3% en adultos de 20 años o más. Hubo aumento de 8% respecto a la cifra reportada en 2018, cuando la prevalencia fue de 10.3%, por lo que claramente es un malestar que va en aumento en forma alarmante (Basto-Abreu *et al.*, 2023).

¿POR QUÉ NOS ENFERMAMOS DE DIABETES CADA VEZ MÁS?

El principal factor que ocasiona que las personas desarrollen DM2 es un estilo de vida poco saludable, particularmente destacan la alimentación y la actividad física; en especial la alimentación inadecuada con un consumo elevado de productos con muy alta cantidad de azúcar o grasa; en México se ha identificado que uno de los principales alimentos que predisponen a la DM2 son las bebidas azucaradas, que no sólo considera los refrescos, sino también los jugos o tés industrializados, bebidas energéticas o deportivas que tienen gran contenido de azúcar, el factor clave para el desarrollo de la DM2 (Instituto Nacional de Salud Pública, 2019). Es importante mencionar que existen bebidas cuyo consumo es recomendado, como las tisanas o el té, las cuales son preparadas con una variedad de plantas, flores y frutos benéficos debido a sus propiedades preventivas y terapéuticas, siempre y cuando se preparen de manera artesanal o casera y sin azúcar. En cuanto a la actividad física, se destaca la falta de realización diaria de al menos 30 minutos y cinco veces a la semana (Organización Mundial de la Salud, 2010).



Otro factor es la herencia o carga genética, los términos populares “los mexicanos tenemos predisposición a la diabetes” o “si tienes padres diabéticos también tú serás diabético” son ciertos, aunque con el avance científico en el estudio de la *epigenética*, se sabe que se puede modificar positiva o negativamente el futuro de estas personas, aunque tengan rasgos heredados. Esto implica que, aunque los padres padezcan alguna enfermedad crónica, no necesariamente se padecerá. Esta condición predisponente está en el ADN desde la concepción, pero si logramos modular el funcionamiento de nuestro ADN, no su estructura, se podría modificar esa información genética que nos predispone a la DM2 mediante una alimentación saludable y actividad física cotidiana. Existe evidencia científica de que la ingesta de alimentos de origen natural como los granos, hojas de vegetales, verduras y las frutas tienen la capacidad de modular el funcionamiento del ADN de las células y evitar el desarrollo de DM2 o alguna otra enfermedad metabólica en la que se tenga predisposición genética (Orozco *et al.*, 2022).

Epigenética: estudio de los cambios que activan o inactivan los genes sin cambiar la secuencia del ADN, a causa de la edad y la exposición a factores ambientales (alimentación, ejercicio, medicamentos y sustancias químicas). Estos cambios modifican el riesgo de enfermedades y a veces pasan de padres a hijos.

¿CÓMO SE DIAGNOSTICA LA PREDIABETES Y LA DM2?

La Asociación Americana de Diabetes (ADA) ha establecido criterios para el diagnóstico de prediabetes con la determinación en sangre de tres *biomarcadores*: glucosa en ayuno, intolerancia a la glucosa y hemoglobina glucosada (HbA1c). En la figura 1 se muestran los criterios diagnósticos actuales (Asociación Americana de Diabetes, 2023).

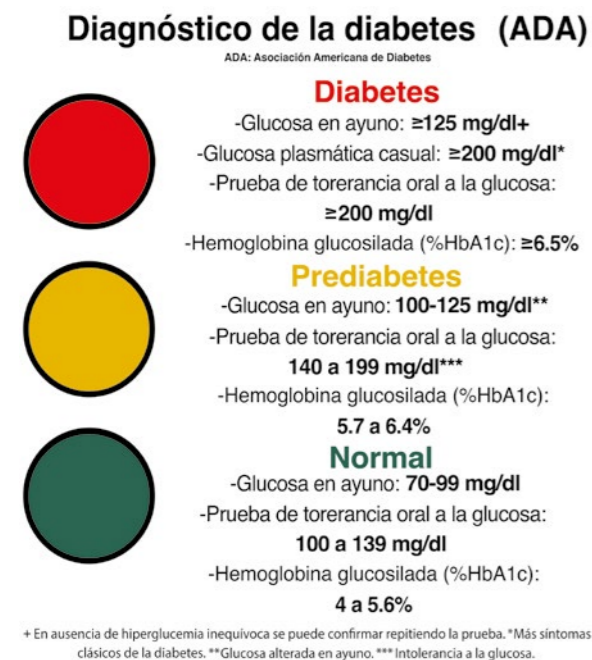


Figura 1. Criterios diagnósticos actuales de la diabetes (Asociación Americana de Diabetes, 2023).

En la medición de estos biomarcadores radica un diagnóstico preciso. Uno de los problemas en México es que en el sector salud se mide la glucosa en ayuno en sangre, que es válida, pero requiere estas consideraciones: el estado de hidratación, el consumo de agua previo a la toma de sangre, la temperatura ambiental ya que en zonas cálidas se puede presentar deshidratación leve lo



que ocasionaría un error en la medición, y el temor a la punción para medir los niveles de glucosa. Otro factor que coloca al paciente en desventaja es la medición de estos biomarcadores de forma tardía en la que se presentan ya algunos problemas metabólicos, con concentraciones altas de glucosa permanente en la que ya está establecida la enfermedad o en progreso hacia complicaciones más severas.

El mensaje es que la medición de estos biomarcadores se realice de manera temprana, es decir, de forma preventiva, por los profesionales de la salud y que el paciente con antecedentes acceda a su realización para que pueda modificar el curso de su estilo de vida a fin de detectar la prediabetes, realizar cambios y evitar el desarrollo de la DM2.

Biomarcador: medición precisa realizada a una persona que sirve para asociarse a un fenómeno biológico, algunos biomarcadores sirven para diagnosticar enfermedades

¿HAY OTRA FORMA DE DIAGNOSTICAR LA PREDIABETES O LA DM2?

Hoy en día, los criterios establecidos para diagnosticar la prediabetes y la DM2 son: glucosa en ayuno, intolerancia a la glucosa y HbA1c. Sin embargo, es importante mencionar la prueba HOMA-IR (Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance, por sus siglas en inglés), esta prueba es una relación entre las concentraciones de glucosa e insulina en sangre, sirve para evaluar y detectar un estadio previo a la prediabetes llamado resistencia a la insulina, por lo tanto, es una importante área de oportunidad para mejorar las políticas de prevención de esta enfermedad, sin embargo, lamentablemente no es una prueba de rutina en las instituciones de salud pública debido a su alto costo, comúnmente se puede realizar

en laboratorios particulares y es una opción de monitoreo para las personas que estén en riesgo de desarrollar DM2. Actualmente se realizan investigaciones en México y en el mundo que buscan establecer nuevos criterios diagnósticos tempranos mediante biología molecular al medir las sustancias que intervienen en este complejo proceso del desarrollo de la enfermedad, como los microARNs, ácidos grasos y diversas hormonas (Zarch *et al.*, 2020).

¿Qué es un microARN? Los microARNs son moléculas pequeñas de ARN monocatenario que modulan el funcionamiento del ADN, que pueden aumentar o disminuir mediante la regulación de la expresión génica y esto, a su vez, provoca que tengamos o no ciertas enfermedades. Hasta este momento se han identificado alrededor de 2,300 microARNs en los humanos y algunos de éstos están relacionados con la prediabetes, esto es de utilidad ya que pudieran funcionar como biomarcadores muy tempranos (Diener *et al.*, 2022; Ozcan, 2014). Estos microARNs se pueden cuantificar en sangre, así como se mide la glucosa, por lo que su uso podría ser tan factible como los criterios diagnósticos que están vigentes actualmente (Zarch *et al.*, 2020).

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE DETECTAR A TIEMPO LA PREDIABETES?

Es relevante que la prediabetes sea diagnosticada oportunamente ya que es reversible, a diferencia de la DM2 que sólo se puede controlar ya que no tiene cura. Si se realiza una intervención adecuada que incluya cambios en la alimentación y en la actividad física se podría evitar el desarrollo de DM2 (Amundson *et al.*, 2009; Vanderwood *et al.*, 2010). En la figura 2 se muestran los principales cambios que se sugieren realizar en la etapa de prediabetes (Uusitupa *et al.*, 2019).

Estos cambios deben ser permanentes para que permitan adquirir un nuevo estilo de vida saludable. Las recomendaciones son para la población en general con el objetivo de prevenir el desarrollo de enfermedades crónicas, además están plenamente demostradas como efectivas, incluso se han reportado investigaciones en las que se comprueba que cambios en el estilo de vida referidos a una mejor alimentación y mayor actividad física son más efectivas que el tratamiento con fármacos para evitar la progresión de esta enfermedad (Knowler *et al.*, 2002).

preventiva en los sujetos con antecedentes familiares de esta enfermedad. Está en nuestras manos prevenirla realizando un diagnóstico oportuno y con cambios hacia un estilo de vida saludable. Es muy recomendable comer frutas, verduras, cereales integrales, así como beber agua natural, realizar ejercicio con regularidad, disminuir el consumo de alcohol y tabaco. Evitar bebidas azucaradas, alimentos industrializados y adoptar una dieta tradicional mexicana.

CONCLUSIONES

La DM2 es una enfermedad compleja ocasionada por factores genéticos, ambientales y del estilo de vida no saludable. Se recomienda medir los biomarcadores de forma


American Diabetes Association. (2023). *Diagnosis*, <https://diabetes.org/about-diabetes/diagnosis>
Amundson, Helen, Butcher, Marcene, Gohdes, Dorothy, *et al.* (2009). Translating the diabetes prevention program into practice in the general community: findings from the Montana Cardiovascular Disease and Diabetes Preven-

Recomendaciones en la etapa de prediabetes

Alimentación



Consuma mínimo cinco porciones de frutas y verduras todos los días. Prefiere las de temporada y busca que sean de diferentes colores.




Si eres mujer consume mínimo 1.5 litros o seis vasos de agua natural al día. A los hombres se les recomienda un consumo de dos litros u ocho vasos de agua natural al día.



Evita el consumo de bebidas azucaradas (refrescos, jugos, tés, yougurt de sabores, bebidas rehidratantes, bebidas caseras endulzadas). Evita el consumo de alimentos industrializados, alimentos fritos, frituras y postres.

Actividad física



Los adultos de 18 a 64 años deben dedicar como mínimo 150 minutos semanales a la práctica de actividad física aeróbica, de intensidad moderada.



O bien 75 minutos de actividad física aeróbica vigorosa cada semana.



Figura 2. Recomendaciones para cambios de estilo de vida en la etapa de prediabetes.

REFERENCIAS

tion Program, *The Diabetes educator*, 35(2), <https://doi.org/10.1177/0145721709333269>
Basto-Abreu, Ana, López-Olmedo, Nancy, Rojas-Martínez, Rosalba, *et al.* (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022, *Salud Pública de México*, 65, s163-s168, <https://doi.org/10.21149/14832>
Diener, Calorine, Keller, Andreas, y Meese, Eckart. (2022). Emerging concepts of miRNA therapeutics: from cells to clinic, *Trends in Genetics: TIG*, 38(6), 613-626, <https://doi.org/10.1016/j.tig.2022.02.006>
Galicia-García, Unai, Benito-Vicente, Asier, Jebari, Shifa, *et al.* (2020). Pathophysiology of type 2 Diabetes Mellitus, *International Journal of Molecular Sciences*, 21(17), 6275, <https://doi.org/10.3390/ijms21176275>
IDF Diabetes Atlas Committee. (2021). *IDF Diabetes Atlas*, www.diabetesatlas.org
Instituto Nacional de Salud Pública. (2021). *Informe de Resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición-Continua 2021*, <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2021/informes.php>
Knowler, William, Barrett-Connor, Elizabeth, Fowler, Sarah, *et al.* (2002). Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin, *The New England Journal of Medicine*, 346(6), 393-403. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa012512>
Organización Mundial de la Salud. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*, http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44441/9789243599977_spa.pdf;jsessionid=422973689098323DEDD2EC-78618D08DB?sequence=1
Orozco-Solís, Ricardo, Mendoza-Viveros, Lucía, y Aguilar-Arnal, Lorena. (2022). Metabolismo: cómo los nutrientes modulan la expresión génica, *Ciencia*, 73(4), 14-19, <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-73-numero-4/333-epigenetica/973-metabolismo-como-los-nutrientes-modulan-la-expresion-genica>
Ozcan, Sabire. (2014). Minireview: microRNA function in pancreatic β cells, *Molecular Endocrinology*, 28(12), 1922-1933, <https://doi.org/10.1210/me.2014-1306>
Uusitupa, Matti, Khan, Tauseef, Viguiouk, Effie, *et al.* (2019). Prevention of type 2 diabetes by lifestyle changes: A systematic review and meta-analysis, *Nutrients*, 11(11), 2611, <https://doi.org/10.3390/nu11112611>



Vanderwood, Karl, Hall, Taryn, Harwell, Todd, Butcher, *et al.* (2010). Implementing a state-based cardiovascular disease and diabetes prevention program, *Diabetes Care*, 33(12), 2543-2545. <https://doi.org/10.2337/dc10-0862>
Zarch, Sayed, Tezerjani, Masoud, Talebi, Mehrdad, *et al.* (2020). Molecular biomarkers in diabetes mellitus (DM), *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, <https://doi.org/10.47176/mjiri.34.28>

Recibido: 13/02/2024
Aceptado: 04/04/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.



Ingesta alimentaria rica en nutrientes y el monitoreo de la composición corporal en mujeres deportistas

Myriam Zarai García-Dávila*
ORCID: 0000-0002-0343-2



<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.129-2>

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

Paralelo al entrenamiento físico en las mujeres deportistas, es fundamental considerar la nutrición como un elemento clave, principalmente por el estilo de vida que pueden presentar, lo cual impacta directamente en los hábitos de alimentación y composición corporal, jugando un papel importante para el cumplimiento de sus objetivos (McManus, Murray y Parry, 2017).

Por ello, realizar evaluaciones para mantener un monitoreo en su ingesta, así como en algunos otros parámetros de relevancia como la composición corporal, sería de gran utilidad. Evaluar de manera integral el estado de nutrición de una atleta (ABCD) es de gran importancia. Entre los métodos más utilizados para conocer esta composición se encuentran la antropometría (A), que incluye mediciones en el cuerpo, siendo éste de los más efectivos, por ser fiable y asequible, además de que ha sido ampliamente utilizado para fines de estimación de la composición corporal en atletas, siempre y cuando sea realizado por personas certificadas o expertas en el área.



Respecto a los aspectos bioquímicos (B), pudieran verse reflejados excesos y deficiencias determinadas por las exigencias del entrenamiento o de la competencia. En el caso de los datos de clínica (C), nos podrían ayudar a identificar los cambios físicos relacionados con alguna deficiencia de nutrientes. Al hablar de los valores dietéticos (D), podemos mencionar que son aquellos métodos que nos brindan información sobre la calidad, frecuencia y consumo calórico y nutrimental de los alimentos, que nos permitirán orientar más asertivamente sobre una ingesta e hidratación adecuada, con recomendaciones acordes a la disciplina deportiva que desempeñen y a la etapa en la cual se encuentren, ya sea de preparación, competencia o recuperación.

Es conocido que la forma de alimentarnos es fundamental para la salud; en la actualidad hay estudios que sustentan la relación del consumo de alimentos, rendimiento, fatiga, prevalencia de enfermedades y lesiones, por ejemplo, en el caso de alguna deficiencia de vitaminas, como la D, y minerales, como el calcio, que están relacionadas fuertemente con la función del músculo esquelético y la debilidad muscular, pudiera aumentar la prevalencia de lesiones o impactar en la recuperación de forma negativa (De la Puente *et al.*, 2020). Por ello el impacto de la alimentación sigue siendo estudiado y gracias a eso se han podido establecer tratamientos en los

que la distribución y las necesidades específicas de los micro y macronutrientes juegan un papel fundamental; sin embargo, es limitada la información de las atletas mexicanas, ya que en el alto rendimiento las exigencias físicas y las necesidades nutricionales que presentan las diversas disciplinas son diferentes, de ahí la importancia de ajustar la ingesta en relación a los objetivos planteados en conjunto con los entrenadores: mayor resistencia, mayor fuerza o potencia, o un equilibrio entre ambos. Acentuar el cuidado de la alimentación se debe encaminar a cubrir las necesidades óptimas en ellas para poder evitar alguna posible alteración en aspectos de salud.

A medida que se incrementa el nivel de rendimiento de la atleta, sube también la ingesta de alimentos, aunado a las diferencias en la composición corporal. Por lo cual es relevante considerar el tipo de deporte, horarios de entrenamiento, momentos de competencia, así como todas aquellas actividades fuera de su práctica deportiva: si es estudiante, si realiza sus alimentos desde casa, si mantienen horas laborales activas que pudieran influir para el control de una adecuada alimentación y con ello la posibilidad de verse afectado el mantener cubiertas sus necesidades de nutrientes. En mujeres jóvenes, el no mantener una adecuada ingesta en cuanto a su requerimiento podría reflejar aspectos negativos en el cumplimiento de sus logros, debido a que estos nutrientes ayudan a su crecimiento y desarrollo, y es durante este periodo que se manifiestan cambios en la composición corporal y hormonales, metabólicos, maduración de órganos y sistemas (Desbrow, 2021).

El estudio y evaluación de la composición corporal es relevante en muchas poblaciones, pues se trata de un parámetro que nos brinda información sobre aspectos de salud y su impacto en el rendimiento, por lo cual es ampliamente utilizado en el ámbito deportivo, aportando conocimiento de las diferentes masas corporales: adiposidad muscular, ósea, piel y residual, y con ello poder determinar si es neces-

saria alguna intervención para la modificación de éstas, lo que pudiera servir como apoyo en la optimización del rendimiento deportivo, además de ser un método para evaluar las mejoras provocadas por el entrenamiento, debido a que algunas de estas características, como la relación del músculo y la cantidad de grasa proporcional, podrían crear ventaja o desventaja para la deportista según su disciplina. En algunos otros casos se considera la importancia de la imagen corporal o mantener ciertas estrategias sobre pérdidas de peso.

ESTUDIOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Los nutrientes en el deporte son necesarios en cantidades especiales e individuales, generalmente sus requerimientos son mayores según la disciplina deportiva que se realice, y esto ocurre por la alta demanda de actividad a la cual las atletas son sometidas, para ello debemos cuidar la distribución de los macronutrientes debido a que una mala organización de éstos, tanto los excesos como las deficiencias, pudieran impactar de forma negativa en el rendimiento (Holtzman y Ackerman, 2019). Estas necesidades cambian en función de la etapa de vida en la que se encuentren, en el caso de edades infantiles y jóvenes



se deben considerar aquellos nutrientes involucrados en el crecimiento y desarrollo, así como en cuestiones hormonales; en las adultas, debe ser cuidado según edad y posibles desgastes o necesidades derivadas de la carrera deportiva.

La bibliografía refuerza la idea de que el ejercicio físico suele tener efectos positivos en el deportista; sin embargo, también pudieran presentarse efectos negativos sobre el sistema inmunológico, éste podría verse afectado por diversos factores: intensidad del ejercicio, duración del entrenamiento, condiciones climáticas en las que entrenan, edad de la atleta, hábitos de alimentación, demandas de las diferentes fases del entrenamiento, todo esto pudiera llegar a someter a las deportistas a momentos de estrés fisiológico, por lo cual otro apoyo indispensable para disminuirlos será mantener un buen aporte de nutrientes, cuidando la selección de alimentos que pudieran fungir como reforzamiento del sistema inmunológico (Brolinson y Elliott, 2007; Comassi *et al.*, 2014).

Existen recomendaciones nutricionales para la población, éstas se clasifican por sexo y edades; no obstante, en el deporte de alto rendimiento, la evidencia nos sugiere que en el caso de atletas, por las diversas exigencias, sus necesidades son elevadas, tanto en ingesta calórica como en nutrientes esenciales, por lo que en conjunto, investigadores e instituciones, han elaborado algunas recomendaciones dietéticas específicas a nivel mundial (Potgieter, 2013; Thomas, Erdman y Burke, 2016), de las cuales se podría obtener la información para el manejo de deportistas mexicanas, pero aún se tiene la necesidad de cotejar este conocimiento con nuestra



FOTO: Prensa UANL

población, para lo cual es de suma importancia el trabajo en conjunto con especialistas en el área.

Para el estudio de la composición corporal se presenta una gran variedad de métodos que se clasifican, según sus características, en tres categorías: directos, realizados a través de disección cadavérica; indirectos, como pesaje hidrostático, pletismografía por desplazamiento de aire (BOD POD), absorciometría dual de rayos X y tropometría de cinco componentes, éstos son los más utilizados en diferentes áreas como aspectos de salud, de rendimiento, crecimiento y desarrollo. Entre los métodos doblemente indirectos podemos mencionar la impedancia bioeléctrica y la antropometría de dos y cuatro componentes. Todos éstos tienen aportaciones, uso y enfoques de gran utilidad en diferentes áreas, siendo la antropometría una de las más útiles, fiables y de mayor frecuencia en cuestión deportiva.

La cineantropometría es el estudio del análisis del rendimiento deportivo basada en estas medidas antropométricas, es una herramienta básica de evaluación de gran utilidad en su control y seguimiento, que brindan información necesaria y con exactitud permitiéndonos estudiar aspectos de forma, tamaño, proporción y composición del cuerpo, cuya finalidad es evaluar el estado físico de nuestros atletas y la relación que tienen con su estado de salud. Existen estándares en poblaciones normales de las diferentes masas corporales, en el caso de las deportistas sus resultados deben manejarse con cautela ya que éstos deben ser considerados según las características y exigencias de la disciplina deportiva en la cual se desempeñan.

CONCLUSIÓN

Por todo lo anterior, podemos concluir que el monitoreo y mantenimiento de una alimentación adecuada, cubriendo las necesidades de forma individual, tanto de macro como de micronutrientes, es indispensable en las deportistas mexicanas, debido a los requerimientos especiales que demandan sus actividades físicas. Lo ideal sería que todas las deportistas consideradas de alto rendimiento contaran con una intervención nutricional individualizada



FOTO: Efraín Aldama

y monitoreos constantes de su estado nutricional, esto sería de gran ayuda para ellas, sus entrenadores y sus familiares, pues por medio de estas evaluaciones podrían mantener la calidad de su salud sin descuidar el cumplimiento de los objetivos planteados, manteniendo un buen desarrollo y crecimiento en conjunto con el óptimo desempeño en sus actividades deportivas.

En el caso del estudio de la composición corporal, concluimos que, en el ámbito deportivo, la antropometría es uno de los métodos más utilizados, ya que nos brinda el conocimiento de la atleta, desde su forma, tamaño, proporción y composición, además de ser factible económicamente, no invasivo, rápido y útil para la evaluación en cuanto a parámetros de rendimiento y la relación con el estado de salud.

REFERENCIAS

Brolinson, P. Gunnar, y Elliott, Dan. (2007). Exercise and the immune system, *Clinics in sports medicine*, 26(3), 311-9, <https://doi.org/10.1016/j.csm.2007.04.011>
Comassi, M., Vitolo, E., Paratli, L. *et al.* (2014). Acute effects of different degrees of ultra-endurance exercise on systemic inflammatory responses, *Inter-*

nal Medicine Journal, 74-79, <https://doi.org/10.1111/imj.12625>

De la Puente, Mirian, Collado, Luis, Ciudad, María, *et al.* (2020). Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends, *Nutrients*, 12(2), 579, <https://doi.org/10.3390/nu12020579>

Desbrow, Ben. (2021). Youth Athlete Development and Nutrition, *Sports Medicine*, 51(s1), 3-12, <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01534-6>

Holtzman, Bryan, y Ackerman, Kathryn E. (2019). Measurement, determinants and implications of energy intake in Athletes, *Nutrients*, 11(3), 1-13, <https://doi.org/10.3390/nu11030665>

McManus, Chris J., Murray, Kelly A., y Parry, David A. (2017). Applied sports nutrition support, dietary intake and body composition changes of a female athlete comple-

ting 26 marathons in 26 days: A case study, *Journal of Sports Science and Medicine*, 16(1), 112-116.

Potgieter, S. (2013). Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition, *South African Journal of Clinical Nutrition*, 26(1), 6-16. <https://doi.org/10.1080/16070658.2013.11734434>

Thomas, D. Travis, Erdman, Kelly A., y Burke, Louise M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance, *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501-528. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>.

Recibido: 05/12/2022
Aceptado: 31/10/2023



FOTO: Prensa UANL

FOTO: Norberto Coronado



CIENCIA UANL / AÑO 28, No.129, enero-febrero 2025

Descarga aquí nuestra versión digital.



FOTO: Prensa UANL

Biomateriales, aliados indispensables en la regeneración periodontal.

Gina Prado-Prone* **Lorena Reyes-Carmona*** **Argelia Almaguer-Flores***
ORCID: 0000-0002-2808-9444 ORCID: 0000-0001-8692-4877 ORCID: 0000-0003-0014-9772



<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.129-3>

* Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.
Contacto: gpradoprone@comunidad.unam.mx, lorena_unam753@hotmail.com, aalmaguer@comunidad.unam.mx

Los dientes juegan un papel muy importante en nuestra salud, su inserción al hueso de los maxilares a través de los tejidos periodontales es importante para mantener su correcta función. Estos tejidos pueden dañarse por diversas razones, entre otras los traumatismos o enfermedades periodontales, como la periodontitis. Los avances en la odontología y en la ciencia de biomateriales han permitido mejorar las terapias utilizadas para regenerarlos y recuperar su función. El objetivo de este artículo es informar al lector acerca de cómo los biomateriales existentes contribuyen a la regeneración periodontal y describir aquellos que se encuentran en investigación, con los cuales se espera mejorar el éxito de los tratamientos en un futuro próximo.

LOS DIENTES: MÁS ALLÁ DE UNA SONRISA

Nuestros dientes no sólo nos permiten mostrar alegría o empatía a través de una bella sonrisa, también nos ayudan a masticar y deglutir los alimentos para poder digerirlos y nutrirnos adecuadamente. Tienen la sensibilidad para distinguir la fuerza de masticación necesaria para triturar alimentos duros o suaves y permiten la apropiada fonación para hablar con claridad.

¿CÓMO SE MANTIENEN LOS DIENTES EN SU LUGAR?

Los dientes son estructuras anatómicas complejas que se encuentran insertados al hueso de los maxilares por medio de los tejidos periodontales: ligamento periodontal, cemento radicular, hueso alveolar y encía, conocidos también como periodonto (figura 1). Estos tejidos pueden perder su función al dañarse por diversas razones como traumatismos, enfermedades sistémicas, cambios hormonales y, principalmente, por enfermedades periodontales.

¿QUÉ SON LAS ENFERMEDADES PERIODONTALES?

Son enfermedades infecciosas causadas por la acumulación de microorganismos en la superficie de la corona y la raíz del diente, y se pueden dividir en gingivitis y periodontitis, dependiendo del daño causado en los tejidos periodontales. Estos microorganismos forman una estructura llamada biopelícula dental (comúnmente conocida como placa dentobacteriana) que, al aumentar, puede causar las enfermedades periodontales. La gingivitis induce una respuesta inflamatoria considerable en las encías, provocando que sangren, pero es reversible. Sin embargo, cuando la gingivitis no es tratada adecuadamente puede progresar a periodontitis, y causar la destrucción de los tejidos periodontales en grados variables de manera irreversible (figura 2), por lo que es muy importante mantener una correcta higiene bucal.

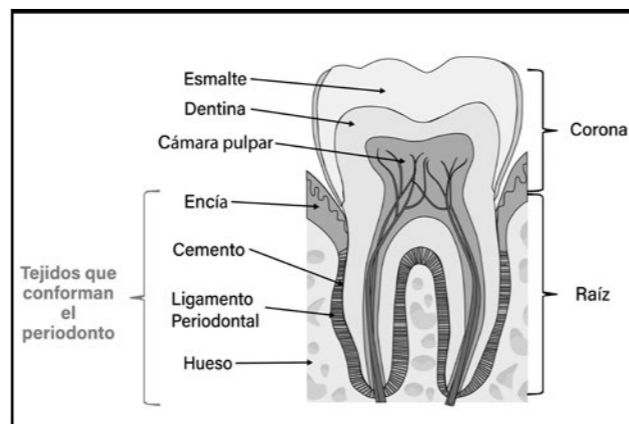


Figura 1. Tejidos que conforman a los dientes y el periodonto (imagen creada usando Mind the Graph).

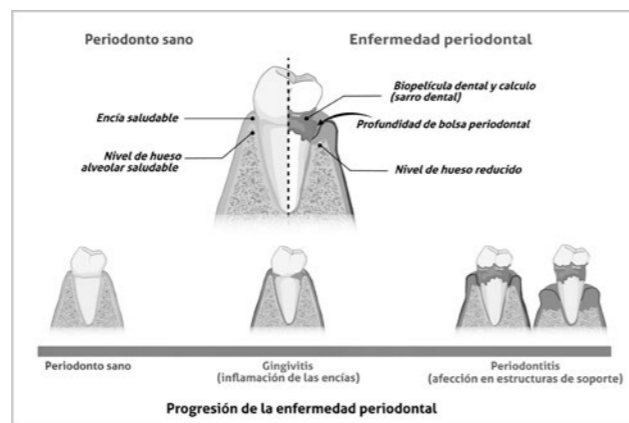


Figura 2. Progresión de la enfermedad periodontal (imagen creada usando BioRender).

En México, las enfermedades periodontales afectan a más de 50% de las personas mayores de 20 años (Sivepab, 2018), y después de la caries, son las más frecuentes a nivel mundial, por lo que son consideradas por la Organización Mundial de la Salud como un problema de salud pública mundial (OMS, 2022). Estos padecimientos afectan la calidad de vida del paciente, provocándole dolor, problemas de masticación y habla, mal aliento y baja autoestima. La periodontitis puede ser tratada para evitar su progresión y prevenir la movilidad dental que puede resultar en la pérdida de los dientes.

ENTONCES, ¿CÓMO PODEMOS TRATAR LOS TEJIDOS PERIODONTALES DAÑADOS?

En la actualidad, los tratamientos para el daño en los tejidos periodontales se realizan en tres fases:

Fase no quirúrgica: busca detener la progresión de la enfermedad periodontal, disminuyendo la cantidad de microorganismos acumulados en los tejidos por medio de limpiezas dentales a profundidad (raspados y alisados radiculares), y mejorando la técnica de cepillado dental habitual por parte del paciente.

Fase quirúrgica: trata de regenerar los tejidos periodontales con ayuda de diferentes biomateriales, y preservar su función a largo plazo. Cabe resaltar que, en sentido estricto, la regeneración tisular implica obtener un tejido con estructura y función idénticas a las del tejido sano original, lo cual es muy complicado de obtener cuando una lesión es extensa o profunda.

Fase de mantenimiento: se basa en la revisión periódica del estado de los tejidos periodontales, haciendo limpiezas dentales (profilaxis dental).



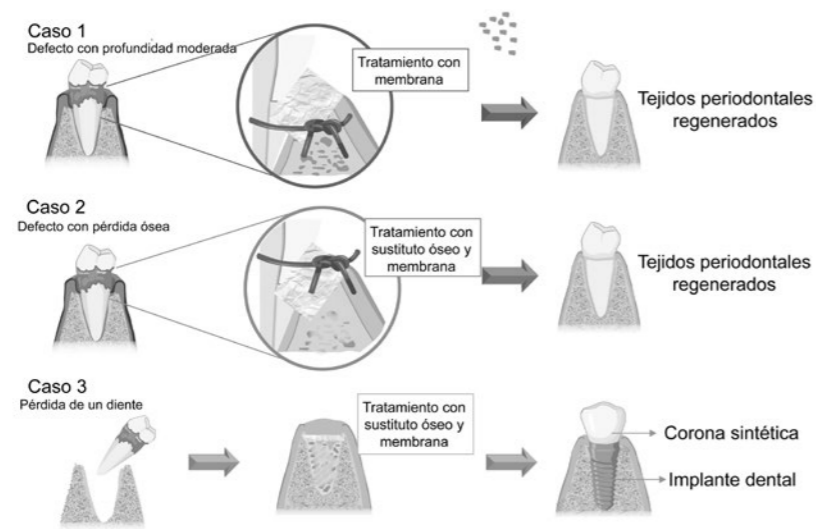


Figura 3. Esquema que ilustra tres tipos de defectos periodontales según el grado de severidad del daño, y los biomateriales que pueden usarse para lograr la regeneración periodontal (imagen creada usando BioRender).

¿CÓMO AYUDAN LOS BIOMATERIALES A REGENERAR LOS TEJIDOS PERIODONTALES?

Un biomaterial se define como un material que ha sido diseñado para interactuar con un sistema biológico para un propósito médico, como terapia, diagnóstico o el remplazo de un tejido. Los biomateriales pueden estar compuestos de polímeros de origen natural o sintético; metales, cerámicos o una combinación de ellos (compósitos o composites), y no deben causar daños ni efectos negativos en el organismo.

La selección de los biomateriales utilizados en las terapias de regeneración periodontal depende principalmente de la extensión del daño en los tejidos (defecto periodontal). Los biomateriales más utilizados son las membranas y los sustitutos óseos, y en menor medida otros biomateriales como geles con extracto derivado de la matriz del esmalte.

Ante un defecto de profundidad moderada (figura 3, caso 1), se coloca una membrana entre el defecto periodontal y la encía, que sirve como barrera para evitar la infiltración de las células de la encía y permitir a las células "correctas" que regeneren los tejidos de soporte de los dientes. Para un defecto de mayor profundidad que involucre pérdida de hueso (figura 3, caso 2), además de colocar la membrana, los defectos pueden ser rellenos con sustitutos óseos que son capaces de favorecer el crecimiento de nuevo hueso, ya que el cuerpo por sí solo no es capaz de regenerar un volumen extenso de tejido. Este procedimiento también se utiliza en los casos más severos donde se pierde la pieza dental (figura 3, caso 3), el sustituto óseo rellena el espacio que deja la ausencia del diente, para lograr que crezca suficiente hueso y se pueda colocar un implante dental (un tornillo sujeto al hueso) y, posteriormente, una corona sintética para remplazar la pieza dental perdida.

A continuación, describiremos los tipos de membranas y sustitutos óseos más utilizados para estos tratamientos. Además, hablaremos de algunos biomateriales con propiedades su-

periores que se encuentran en investigación, con los cuales se espera mejorar el éxito de los tratamientos de regeneración periodontal.

Membranas

Las membranas se pueden dividir en dos grupos: no reabsorbibles y reabsorbibles. Las primeras son utilizadas en defectos periodontales extensos cuyo tiempo de reparación es largo, porque mantienen su integridad estructural y, por tanto, su función de barrera durante todo el tratamiento. Su principal desventaja es que se debe realizar una segunda cirugía para retirarlas, lo que podría dañar los tejidos recién restaurados. La mayoría de las membranas no reabsorbibles están compuestas a base de politetrafluoroetileno (PTFE), un polímero biocompatible de origen sintético, cuya velocidad de reabsorción en el cuerpo es muy lenta. Por otro lado, las membranas reabsorbibles se degradan dentro del cuerpo, y están compuestas de polímeros biocompatibles y biodegradables como ácido glicólico, ácido láctico y principalmente colágena xenogénica (obtenida de fuentes porcina, bovina o equina). En algunas ocasiones, estas membranas pueden degradarse pre-

turamente y romperse antes de que los tejidos periodontales se hayan restaurado, comprometiendo el éxito del tratamiento.

A pesar de que pueden favorecer la regeneración periodontal, en ellas se pueden acumular fácilmente bacterias, virus y hongos debido a que se encuentran inmersas en la cavidad oral, que contiene una gran cantidad y variedad de microorganismos y nutrientes. Algunos de estos microorganismos son capaces de producir infecciones, y son justo los que están en mayor cantidad en pacientes con periodontitis, lo que representa un reto adicional en los tratamientos periodontales.

En la última década, especialistas en biomateriales de todo el mundo, incluido México, han desarrollado membranas biocompatibles con una velocidad de reabsorción optimizada, propiedades antimicrobianas y capaces de promover el crecimiento del tejido óseo. Estas nuevas propiedades se han logrado al combinar adecuadamente polímeros con tasas de degradación complementarias, incorporando antibióticos, antisépticos o moléculas antimicrobianas (como aceites esenciales, biopolímeros activos, péptidos, factores de crecimiento), o integrando micro y nanopartículas de compuestos minerales similares a los del tejido óseo (como hidroxiapa-



tita sintética). Por ejemplo, en nuestro grupo de trabajo hemos estado desarrollando membranas biocompatibles y biodegradables compuestas de microfibras de mezclas de polímeros sintéticos y naturales, incorporando nanopartículas de óxido de zinc o partículas de subsalicilato de bismuto. Estas membranas son capaces de inhibir el crecimiento de diferentes bacterias, incluidas aquéllas asociadas a la periodontitis, y poseen propiedades fisicoquímicas adecuadas para su uso clínico (Prado 2020, Vidal 2021).

Sustitutos óseos

Los sustitutos óseos son biomateriales que, al colocarlos en el defecto, buscan favorecer el desplazamiento de células principalmente del hueso de la periferia, para que formen nuevo tejido. Se pueden clasificar en dos grupos: injertos biológicos y sustitutos sintéticos. Los primeros son porciones de hueso que pueden ser obtenidos del propio paciente (autólogos), de otra persona (allogénicos) o de animales (xenogénicos). Éstos tienen limitaciones como la doble cirugía, la posible morbilidad del sitio de donación, la falta de disponibilidad, e incluso la potencial transferencia de enfermedades o rechazo inmune. Por tal motivo se han desarrollado los sustitutos sintéticos, algunos están compuestos de hueso de animales a los que se les retira la parte celular, conservando la estructural (matriz ósea descelularizada) que es biocompatible y absorbible por el cuerpo.

Los sustitutos más utilizados son los de fosfatos de calcio (como la hidroxiapatita sintética, el fosfato tricálcico y el fosfato tricálcico-beta), compuestos de los mismos tipos de átomos que la fase inorgánica del hueso (hidroxiapatita nativa), pero sus proporciones cambian y, por tanto, también sus propiedades. Estos sustitutos favo-

recen la formación de nuevo tejido óseo, pero su velocidad de reabsorción influye negativamente en la calidad del tejido formado, ya que suelen quedar residuos de biomaterial, afectando la estructura y función del tejido recién formando. Estos sustitutos óseos pueden ser mezclados con geles de alginato de propilenglicol cargados con extracto derivado de la matriz del esmalte (generalmente de origen porcino); el extracto contiene proteínas producidas por células del esmalte, y al colocarlo en la superficie de la raíz del diente parece estimular principalmente el crecimiento del ligamento periodontal.

En la actualidad, por medio de diferentes métodos de síntesis, se están desarrollando biomateriales con una tasa de reabsorción más ade-



cuada, capaces de promover el crecimiento de tejido óseo en menor tiempo y con una estructura y función muy similares a las de hueso nativo.

CONCLUSIONES

Se espera que el surgimiento de nuevos biomateriales contribuya considerablemente al éxito de los tratamientos de regeneración periodontal. Muchos de éstos poseen propiedades multifuncionales, siendo capaces de favorecer la restauración de los tejidos periodontales, reducir el riesgo de desarrollar infecciones y reabsorberse en tiempos más adecuados. Sin embargo, aún quedan retos por resolver, ya que la regeneración completa de los tejidos dañados aún no se ha alcanzado, por lo que sigue siendo importante desarrollar nuevas alternativas para la regeneración periodontal.

Además, no se debe perder de vista que para que estos nuevos biomateriales sean usados en tratamientos clínicos, es necesario que sean validados por las instancias de salud correspondientes, después de someterlos a diferentes pruebas controladas en células, animales y seres humanos.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al programa UNAM-PAPIIT TA 100424 e IN207824. L.R.C. agradece al Conahcyt por la beca doctoral (CVU:917708).

REFERENCIAS

Prado-Prone, Gina, Silva-Bermúdez, Phaedra, Bazaar, Masoomah, *et al.* (2020). Antibacterial composite membranes of polycaprolactone / gelatin loaded with zinc oxide nanoparticles for guided tissue regeneration, *Biomed Mater*, 15(03):1-15, DOI: 10.1088/1748-605X/ab70ef. Vidal-Gutiérrez, Ximena, Prado-Prone, Gina, Rodil, Sandra E., *et al.* (2021). Bismuth subsalicylate incorporated in polycaprolactone-gelatin membranes by electrospinning to prevent bacterial colonization, *Biomed Mater*, 16(4):1-19, DOI: 10.1088/1748-605X/ac058d

World Health Organization. (2022). *Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030*, World Health Organization.



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

Descarga aquí nuestra versión digital.



— ·  · —

SECCIÓN ACADÉMICA

Una lección de microbiología a lo largo de la historia: la resistencia a meticilina

Relación entre el estado de recuperación objetiva y subjetiva en jugadores de bádminton

— ·  · —

Una lección de microbiología a lo largo de la historia: la resistencia a meticilina

Flora Cruz-López*
ORCID: 0000-0002-5180-4178

Adrián Martínez-Meléndez*
ORCID: 0000-0003-2936-1347

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.129-4>

RESUMEN

La resistencia a los antimicrobianos es un grave problema mundial, ya que implica la pérdida de la efectividad de los tratamientos contra enfermedades infecciosas. Con el descubrimiento de la penicilina se inició una época en la que se pensó se podría luchar de manera efectiva contra las enfermedades infecciosas; no obstante, dicha época no duró mucho tiempo. Así sucedió con la meticilina, un antibiótico β -lactámico semisintético introducido al área clínica en 1959; sin embargo, la resistencia a esta nueva opción terapéutica se registró en 1960.

Palabras clave: resistencia, β -lactámicos, *Staphylococcus aureus*, penicilina, meticilina.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance is a serious global problem because it implies the loss of effectiveness in treatments against infectious diseases. With the discovery of penicillin, a new era began, and it was thought that infectious diseases could be treated effectively; however, this era did not last long. This was the case with methicillin, a semi-synthetic β -lactam antibiotic introduced to clinical practice in 1959; however, resistance to this new therapeutic option was reported in 1960.

Keywords: resistance, β -lactams, *Staphylococcus aureus*, penicillin, methicillin.

Las infecciones son enfermedades ocasionadas por microorganismos, cuyo tratamiento generalmente consiste en la administración de antimicrobianos a los pacientes. Entre éstos incluimos a los antibióticos, que se emplean cuando el responsable de una enfermedad es una bacteria. La resistencia a los antibióticos, que significa la pérdida de la efectividad de los tratamientos contra infecciones ocasionadas por bacterias, es uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. Además, facilita la diseminación los microorganismos y la transmisión de enfermedades graves asociadas a alta mortalidad (World Health Organization, 2023).

La penicilina es un antibiótico β -lactámico descubierto en 1928 por el médico inglés Alexander Fleming. Los antibióticos β -lactámicos son un grupo que tiene en común una estructura denominada anillo β -lactámico, importante para detener el crecimiento de las células bacterianas (figura 1a). Con el hallazgo de la penicilina (figura 1b) y su actividad antimicrobiana, inició una nueva era para luchar contra las infecciones de ese tipo. Sin embargo, fue incorporada hasta 1940 en esquemas de tratamiento, trayendo consigo un aumento en su producción. Aunado a esto, los médicos y microbiólogos de la época confiaron en el uso de estos fármacos para el tratamiento de enfermedades infecciosas, por lo que la investigación y

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: culf107168@uanl.edu.mx, jmartinezml@uanl.edu.mx

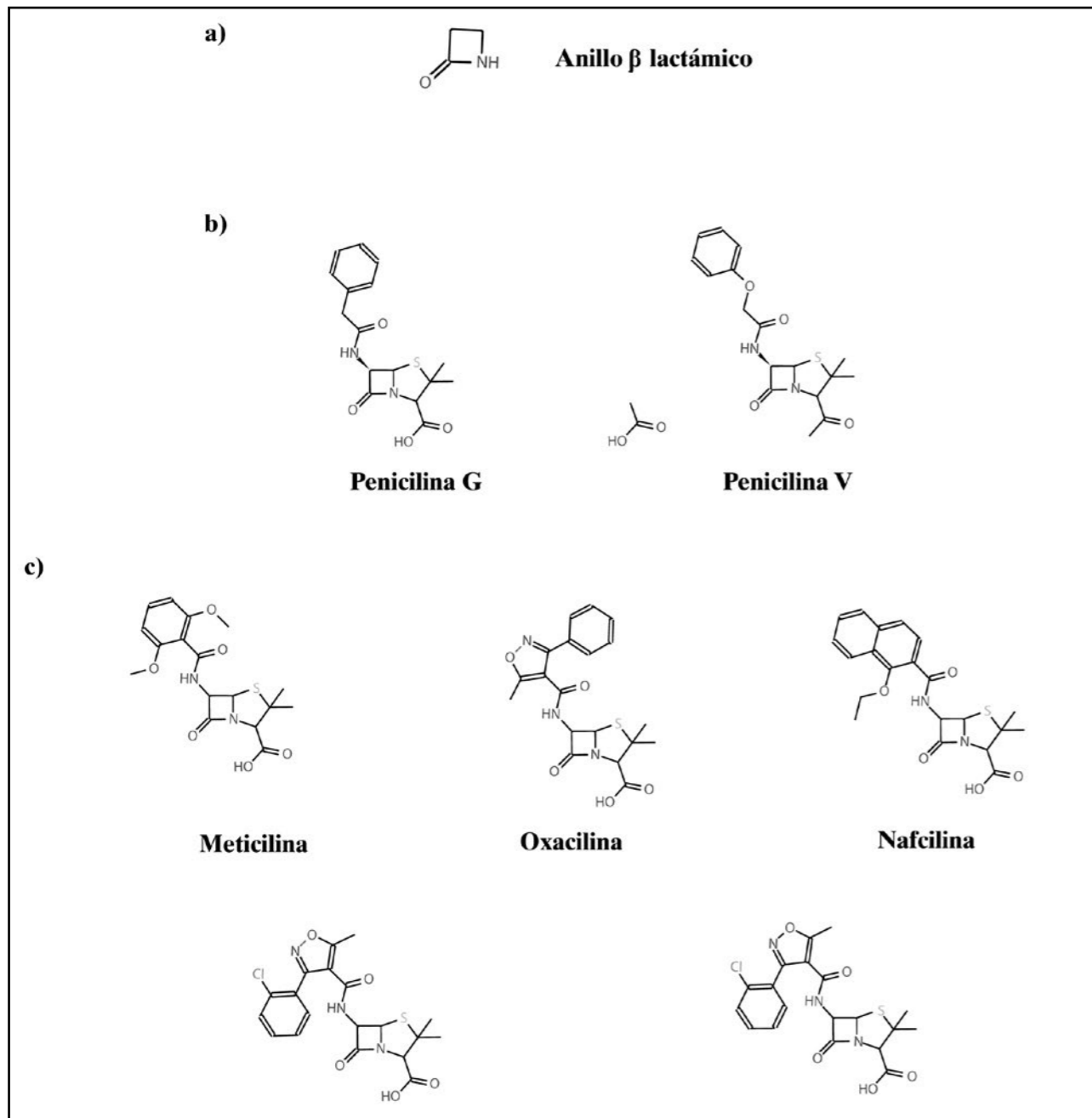


Figura 1. Estructuras químicas de antibióticos β -lactámicos. a) Anillo β -lactámico; b) penicilinas, β -lactámicos obtenidos de una fuente natural; c) estructuras de β -lactámicos semisintéticos, obtenidos de modificaciones a partir de las penicilinas.

desarrollo de otros medicamentos se ralentizó. Poco tiempo después, el uso inadecuado de la penicilina (tratamientos incompletos o su uso cuando no hay una enfermedad causada por bacterias) coincidió con el reporte en 1942 de aislamientos clínicos de la bacteria *Staphylococcus aureus* con resistencia a éste (es decir, el tratamiento ya no tenía efecto) (Harkins *et al.*, 2017). Para 1960, más del 80% de las infecciones reportadas fueron ocasionadas por cepas de *S. aureus* resistentes a la penicilina, incluso se propagó

con facilidad del ambiente hospitalario a la comunidad (población que no estuvo hospitalizada ni en contacto con pacientes o personal dentro de centros de salud u hospitales) (Lobanovska y Pilla, 2017).

Posteriormente, se desarrolló la metilicina, un antibiótico β -lactámico semisintético dirigido al tratamiento de infecciones por *S. aureus* resistente a penicilina (figura 1c). Su síntesis fue posible mediante la modificación química

de la estructura de la penicilina, al añadir un grupo funcional que permite generar una mejor actividad. La metilicina fue introducida al área clínica en 1959; sin embargo, la resistencia a esta nueva opción terapéutica se registró a partir de 1960 (Harkins *et al.*, 2017). En este trabajo se expone el resultado inesperado tras la introducción de un nuevo agente antimicrobiano, del cual se detectó resistencia unos pocos meses después de su uso en pacientes.

DESCUBRIMIENTO DE LA RESISTENCIA A METICILINA

La metilicina se introdujo en el Reino Unido en 1959 para contrarrestar el creciente problema de la resistencia a la penicilina en *S. aureus*, ya que la bacteria producía una enzima β -lactamasa que era capaz de degradar al anillo β -lactámico, presen-

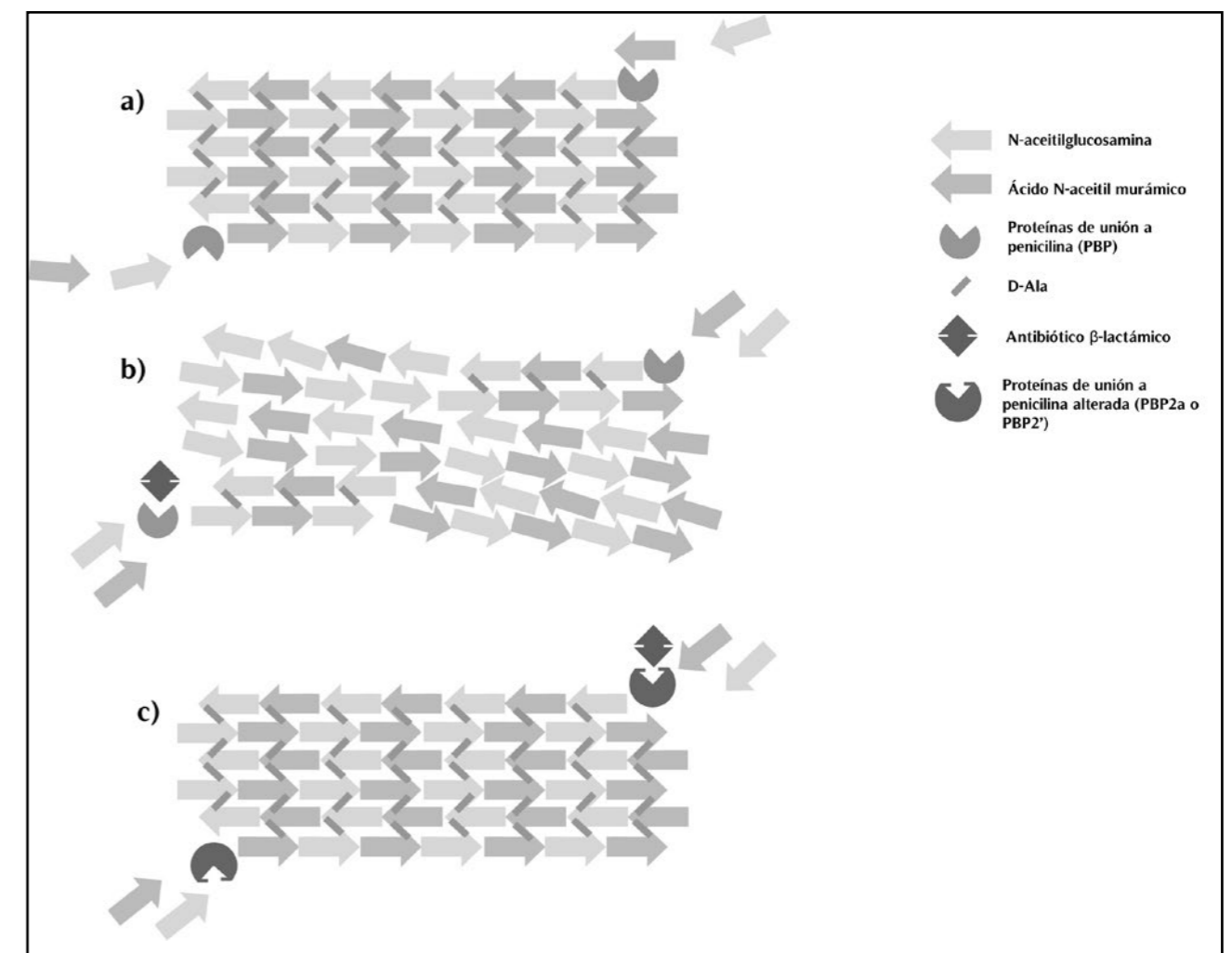


Figura 2. Mecanismo de resistencia a la metilicina. a) Síntesis continua de peptidoglicano por la acción de proteínas de unión a penicilina (PBP) sin alteraciones; b) el sitio de unión de N-acetilglucosamina y ácido N-acetil murámico es el mismo para la penicilina y otros antibióticos β -lactámicos, lo que impide la síntesis de la pared celular por inhibición de la PBP; c) las bacterias resistentes a metilicina contienen una proteína de unión a penicilina alterada (PBP2a o PBP2'), la cual permite que la síntesis de la pared celular continúe, pero los antibióticos β -lactámicos no se pueden unir.



¿QUÉ HAY DETRÁS DE LA RESISTENCIA A METICILINA?

El peptidoglicano es un polisacárido (una molécula de gran tamaño, formada principalmente de azúcares) rígido que forma la pared celular de las bacterias; dicha pared posee la función de mantener la forma de la célula. Cualquier alteración en la estructura general de ésta podría resultar letal para la bacteria (Sauvage *et al.*, 2008). El peptidoglicano está compuesto por dos sustancias denominadas N-acetilglucosamina y ácido N-acetil murámico que forman cadenas que se entrecruzan (figura 2a), siendo algunos aminoácidos, como la D-alanina, las moléculas base que constituyen el entrecruzamiento en las cadenas (figura 2a). Éste se lleva a cabo por medio de las proteínas de unión a penicilina (PBP) (Sauvage *et al.*, 2008); los aminoácidos base para la creación de la pared poseen una similitud con la estructura química de los antibióticos β -lactámicos, particularmente la penicilina, por lo que es fácil que ésta entre a la PBP uniéndose de manera irreversible, así se inhibe su función y por tanto la síntesis de la pared, lo cual detiene el crecimiento bacteriano (figura 2b) (Zapun *et al.*, 2008).

Las bacterias resistentes a meticilina producen una PBP alterada, conocida como PBP2a o PBP2' que no es inhibida por los antibióticos β -lactámicos, por lo tanto, evitan la muerte (figura 2c). La proteína es producida por el gen *mecA*, que se trasmite a otras bacterias relacionadas, ya que se encuentra contenido en un elemento genético móvil (una región del DNA bacteriano capaz de movilizarse e integrarse en otras bacterias) denominado cassette cromosómico estafilocócico *mec* (SCC*mec*) (Hartman y Tomasz, 1984; Katayama *et al.*, 2003).

IMPLICACIONES DE LA RESISTENCIA A METICILINA

Es posible que el amplio uso de penicilina previo a la introducción de la meticilina condicionó la adaptación de *S. aureus* y de esta manera adquirió el mecanismo que le permitió sobrevivir a la acción del nue-

vo fármaco. Lo anterior pone en evidencia cómo los nuevos medicamentos, introducidos para mejorar los tratamientos por microorganismos resistentes, pueden volverse ineficaces mediante adaptaciones propiciadas por el uso inadecuado de otros antibióticos. Además, se considera que las cepas SARM no sólo son resistentes a penicilina, sino a todos los antibióticos β -lactámicos, ya que el mecanismo asociado no es específico para ésta, si no que actúa sobre todos aquellos antibióticos que tienen estructura similar.

En este sentido, es importante aclarar que la meticilina es un fármaco que ya no se utiliza, precisamente por la pérdida de su actividad; sin embargo, el término de resistencia a meticilina se sigue usando para describir a las cepas de *Staphylococcus* que son resistentes a todos los antibióticos β -lactámicos. Lo anterior tiene serias implicaciones para el tratamiento de infecciones graves, ya que las cepas SARM son una amenaza importante para la salud humana.

Por otro lado, se ha sugerido que otras especies de *Staphylococcus*, como *S. epidermidis*, son el origen de la resistencia a meticilina, ya que el SCC*mec* se encuentra en mayor proporción en las cepas de esta especie, por lo que dichos elementos pueden ser transferidos a *S. aureus* y a otras especies del género *Staphylococcus* (Wisplinghoff *et al.*, 2003). Lo anterior puede causar un aumento en la resistencia a los antibióticos β -lactámicos en *S. aureus*, ya que no es tan alta a la meticilina como en *S. epidermidis*. Asimismo, cuando existe resistencia a meticilina, con frecuencia se presenta también a otros antibióticos como la tetraciclina, la eritromicina y la espectinomicina. Incluso, se han reportado aislamientos con resistencia superior al 70% a oxacilina, eritromicina, levofloxacina, norfloxacina, clindamicina y trimetoprim/sulfametoxazol (Bouchami *et al.*, 2012). Lo anterior se debe a que se transfieren de manera conjunta genes adicionales a *mecA* responsables de la resistencia a otros antibióticos.

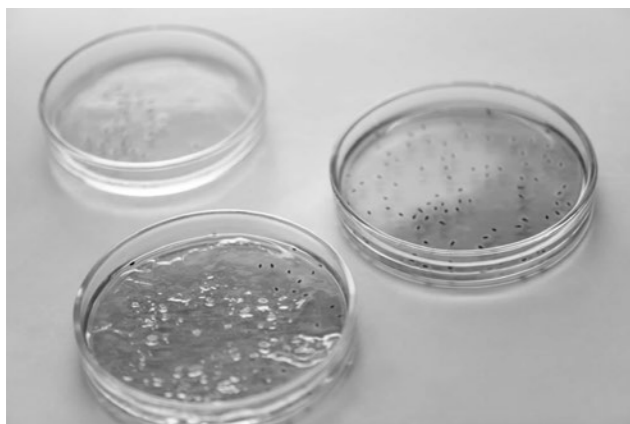
Estos antibióticos fueron aprobados en el periodo comprendido entre 1962 y 1974 como alternativas para tratar infecciones ocasionadas por bacterias resistentes a la penicilina (Bush y Bradford, 2016), aunque su disponibilidad fue variable o escasa en algunos lugares. Sin embargo, no todos los antibióticos son activos contra cepas resistentes a meticilina, y también se ha observado resistencia en enterobacterias, en las cuales se presenta de manera natural o intrínseca a penicilina (Lobanovska y Pilla, 2017).

Decenas de antibióticos se han descubierto desde que se encontró la penicilina; sin embargo, tan sólo 12 se han aprobado en los últimos siete años, acorde a la OMS (2023). Sin perder de vista que la resistencia a éstos sigue emergiendo, dando oportunidad a los microorganismos de propagarse y ocasionar infecciones graves.

OTROS CASOS RELACIONADOS

A partir de la molécula de penicilina se sintetizaron otras con actividad antimicrobiana al modificar sus estructuras, dando lugar a antibióticos β -lactámicos semisintéticos, como la oxacilina, la nafcilina, la cloxacilina y la dicloxacilina, por mencionar algunos ejemplos (figura 1c). Aunque ciertas enzimas bacterianas (como las β -lactamasas) inactivan rápidamente a la molécula básica de los antibióticos β -lactámicos, la modificación de las estructuras (al añadir otros grupos a la molécula base) la protegen de la acción de la penicilinas. Sin embargo, como se expuso anteriormente, el mecanismo de resistencia a meticilina está mediado por la presencia de la PBP2a y no por enzimas que degradan antibióticos, por lo cual los β -lactámicos semisintéticos no tienen actividad (Hamilton-Miller, 2008).

Decenas de antibióticos se han descubierto desde que se encontró la penicilina; sin embargo, tan sólo 12 se han aprobado en los últimos siete años, acorde a la OMS (2023). Sin perder de vista que la resistencia a éstos sigue emergiendo, dando oportunidad a los microorganismos de propagarse y ocasionar infecciones graves.



CONCLUSIONES

En este trabajo se narra brevemente el surgimiento de la resistencia a la penicilina y a la meticilina. Esta historia puede ser considerada como una evidencia sobre las consecuencias del uso inadecuado de antibióticos y de cómo esto puede condicionar la eficacia de nuevos fármacos, convirtiendo en ineficaz una molécula que parecía prometedora.

REFERENCIAS

Bouchami, Ons, Ben Hassen, Assia, De Lencastre, Herminia, et al. (2012). High prevalence of mec complex C and ccrC is independent of SCCmec type V in *Staphylococcus haemolyticus*, *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases: Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology*, 31(4), 605-614, <https://doi.org/10.1007/s10096-011-13543>

Bush, Karen, y Bradford, Patricia. (2016). Beta-Lactams and beta-Lactamase Inhibitors: An Overview, *Cold Spring Harb Perspect Med*, 6(8), <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a025247>

Hamilton-Miller, Jeremy. (2008). Development of the semi-synthetic penicillins and cephalosporins, *Int J Antimicrob Agents*, 31(3), 189-192, <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2007.11.010>

Harkins, Catriona, Pichon, Bruno, Doumith, Michel, et al. (2017). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* emerged long before the introduction of methicillin into clinical practice, *Genome Biol*, 18(1), 130, <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1252-9>

Hartman, Barry, y Tomasz, Alexander. (1984). Low-affinity penicillin-binding protein associated with beta-lactam resistance in *Staphylococcus aureus*, *J Bacteriol*, 158(2), 513-516.

Katayama, Yuki, Zhang, Hong-Zhong, Hong, Dong, et al. (2003). Jumping the Barrier to β -Lactam Resistance in *Staphylococcus aureus*, *J Bacteriol*, 185(18), 5465-5472, <https://doi.org/10.1128/jb.185.18.5465-5472.2003>

Lobanovska, Mariya, y Pilla, Giulia. (2017). Penicillin's Discovery and Antibiotic Resistance: Lessons for the Future? *Yale J Biol Med*, 90(1), 135-145, PMID: 28356901; PMCID: PMC5369031.

Rolinson, George, y Geddes, Alasdair. (2007). The 50th anniversary of the discovery of 6-aminopenicillanic acid (6-APA), *Int J Antimicrob Agents*, 29(1), 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2006.09.003>

Sauvage, Eric, Kerff, Frédéric, Terrak, Mohammed, et al. (2008). The penicillin-binding proteins: structure and role in peptidoglycan biosynthesis, *FEMS Microbiol Rev*, 32(2), 234-258, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2008.00105.x>

Wisplinghoff, Hilmar, Rosato, Adriana, Enright, Mark, et al. (2003). Related clones containing SCCmec type IV predominate among clinically significant *Staphylococcus epidermidis* isolates, *Antimicrob Agents Chemother*, 47(11), 3574-3579, <https://doi.org/10.1128/AAC.47.11.3574-3579.2003>

World Health Organization. (2023). *Antimicrobial resistance*, <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/antimicrobial-resistance#:~:text=As%20a%20result%20of%20drug,severe%20illness%20disability%20and%20death>

Zapun, André, Contreras-Martel, Carlos, y Vernet, Thierry. (2008). Penicillin-binding proteins and beta-lactam resistance, *FEMS Microbiol Rev*, 32(2), 361-385, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2007.00095.x>

Recibido: 24/02/2024
Aceptado: 28/08/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.



Relación entre el estado de recuperación objetiva y subjetiva en jugadores de bádminon

Mariela Flores-Cruz*
ORCID: 0000-0003-0175-5897

Marina Medina Corrales*
ORCID: 0000-0001-8446-9188

Rosa María Cruz-Castruita*
ORCID: 0000-0001-6013-7541

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.1295>

RESUMEN

Objetivo: evaluar la relación del estado de recuperación a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y la escala de calidad de recuperación total o TQR (por sus siglas en inglés) en jugadores de bádminon. **Metodología:** participaron diez jugadores juveniles de bádminon donde se registró la VFC en reposo y los valores de TQR al inicio de cada sesión durante ocho semanas de entrenamiento. **Resultados:** se encontró una relación negativa moderada entre valores de la actividad parasimpática y simpática ($r = -0.482$, $r = -0.668$) y débil con actividad parasimpática y TQR ($r = -0.190$, $r = -0.060$). **Conclusión:** existe una relación inversamente proporcional entre el comportamiento simpático y parasimpático, así como entre la actividad parasimpática y la TQR por lo que, de acuerdo con la dinámica de estos indicadores, a mayor impacto fisiológico, menor será la recuperación del atleta.

Palabras clave: recuperación, variabilidad de la frecuencia cardíaca, bádminon, escala subjetiva de recuperación, entrenamiento.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the relationship of recovery status through heart rate variability (HRV) and the total quality of recovery scale (TQR) experienced by badminton players. **Methodology:** 10 badminton youth players participated, resting HRV and TQR values were recorded at the beginning of each session during 8 training weeks. **Results:** A moderate negative relation was found between the values of parasympathetic and sympathetic activity ($r = -0.482$, $r = -0.668$) and weak with parasympathetic activity and TQR ($r = -0.190$, $r = -0.060$). **Conclusion:** According to the dynamics of these indicators, the greater the internal load of the subject, the lesser the recovery for the athlete.

Keywords: recovery, heart rate variability, badminton, subjective recovery scale, training.

Tener un control adecuado de los estímulos de carga en el entrenamiento, así como un periodo de recuperación óptimo para reducir la acumulación de fatiga por parte del deportista es importante debido a que permite reducir el riesgo de lesiones

(Mandorino et al., 2021), ya que se ha observado que la fatiga neuromuscular y el daño muscular inducido por un trabajo de alta intensidad están relacionados con un incremento de malestar de los atletas (Timoteo et al., 2021; Selmi et al., 2022).

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

Por esta razón se han desarrollado diferentes métodos para tener un acercamiento adecuado del impacto que tienen los estímulos de entrenamiento en los individuos (Crowcroft *et al.*, 2017), siendo utilizados valores objetivos como la VFC (Naranjo-Orellana, 2018), así como métodos subjetivos como el índice de esfuerzo percibido (Borg, 1982) o la escala de calidad de recuperación total (TQR, por sus siglas en inglés) (Kenttä y Hassmén, 1998).

Dentro de la bibliografía, se ha encontrado que la TQR es ampliamente utilizada en el control del estado de recuperación en deportes de equipo y de características intermitentes como el fútbol (Mandorino *et al.*, 2021), voleibol (Timoteo *et al.*, 2021) y baloncesto (Sansone *et al.*, 2020), en donde se ha correlacionado con el efecto del entrenamiento y la incidencia de lesiones en los jugadores (Mandorino *et al.*, 2021; Selmi *et al.*, 2022; Timoteo *et al.*, 2021), así como la relación entre indicadores bioquímicos y neuromusculares de fatiga (Selmi *et al.*, 2022).

Asimismo, esta escala se ha utilizado en disciplinas individuales, por ejemplo, natación, donde se ha correlacionado con indicadores de la VFC como logaritmo neperiano de la media de la raíz cuadrada de las diferencias de los intervalos sucesivos R-R (LnRMSSD; Crowcroft *et al.*, 2017) que aporta información sobre las adaptaciones al entrenamiento (Miranda-Mendoza *et al.*, 2020).

Por otro lado, la VFC ha tomado gran importancia en el control de entrenamiento, siendo una de las variables más utilizadas la raíz cuadrada de las diferencias de los intervalos sucesivos R-R (RMSSD) a manera de indicador del comportamiento del sistema nervioso parasimpático (SNP, Buchheit, 2014) y el índice de estrés o SS (*stress score*, por sus siglas en inglés), de la actividad simpática (Naranjo-Orellana *et al.*, 2015).

Estos indicadores han sido utilizados para el control de la recuperación y de rendimiento de jugadores de bádminton durante eventos internacionales para establecer la relación entre los

cambios de la VFC y la acumulación de la fatiga en un periodo corto (Garrido *et al.*, 2009, 2011), así como tener un control adecuado de las cargas de entrenamiento de los jugadores de Bádminton (Medina *et al.*, 2021).

El uso de la VFC y la TQR indica que son métodos adecuados para tener un control sobre el estado de recuperación de los atletas, lo que podría ser de utilidad para los entrenadores y equipo multidisciplinario al momento de tomar decisiones en la planificación de cargas, reduciendo factores de riesgo para presencia de lesiones o enfermedades.

Sin embargo, hasta el momento no se ha encontrado evidencia que aporte información de la relación entre la TQR, la RMSSD y el SS en jugadores de bádminton, por lo que el objetivo de este estudio fue analizar la relación del estado de recuperación a través de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) y la escala de calidad de recuperación total o TQR en jugadores de bádminton.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio de carácter cuantitativo no experimental de alcance correlacional, para la selección de la muestra se utilizó el paquete estadístico G*Power versión 3.1.0.6 (G*Power, Heinrich-Heine, Universitaät Düsseldorf); se realizó un análisis para medidas repetidas con intervalos de confianza al 95%, un error probabilístico tipo I de 0.05 y una potencia estadística del error probabilístico tipo II $1-\beta$ de 0.85, así como un tamaño del efecto grande p de 0.50 (Faul *et al.*, 2007) determinando un mínimo de nueve atletas para el estudio, por ello participaron diez jugadores de bádminton pertenecientes al equipo representativo de Nuevo León, México, de categorías sub-17 (un hombre y una mujer), sub-19 (tres hombres y tres mujeres) y élite (un hombre y una mujer), todos ellos con experiencia en torneos nacionales e internacionales.

Las mediciones se realizaron durante un periodo de entrenamiento de ocho semanas (30 ± 2.6 sesiones) de la etapa general. A cada jugador, padre o tutor, se le proporcionó una explicación de la investigación y dieron su consentimiento por escrito de acuerdo con la declaración de Helsinki (2013). Durante el periodo de estudio se les proporcionó un cuestionario clínico para asegurar que no estaban recibiendo tratamientos farmacológicos como atropina, fenilefrina, betabloqueadores o padecer alguna enfermedad cardiovascular que pudiera alterar los registros de VFC (Task Force, 1996).

La VFC se registró previo a cada sesión de entrenamiento utilizando el equipo Firstbeat (Firstbeat Technologies Ltd, Jyväskylä, Finlandia), para ello se acondicionó un espacio con poca iluminación y sin perturbación acústica y se solicitó a los participantes permanecer en posición decúbito supino durante el tiempo de medición de cinco minutos.

Posterior a la toma de VFC se mostró a los jugadores de manera individual la escala TQR (6-20) para que respondieran sobre el estado de recuperación percibida respecto a la sesión anterior, en la que 6 indica “muy, muy mala recuperación” y 20 “muy, muy buena recuperación” (Kenttä y Hassmén, 1998).

La información de VFC se descargó utilizando la aplicación Polar Flow Sync (versión 3.0.0.1337, Kempele, Finlandia) para posteriormente analizar los intervalos RR con el software Kubios HRV Standard (versión 3.2.0, University of Eastern Finland, Kuopio, Finlandia), donde se obtuvieron los valores de la RMSSD y del gráfico de dispersión de Poincaré para obtener el SS a través de la ecuación $SS = 1000 \times 1/SD2$ propuesta por Naranjo-Orellana *et al.* (2015).

Una vez procesada la información se utilizó el paquete estadístico SPSS (versión 25) para el vaciado y análisis de datos, obteniendo estadísticos descriptivos de media y desviación estándar, así como estadísticos inferenciales donde se realizó

una prueba de normalidad que arrojó datos no paramétricos, por lo que posteriormente se utilizó la prueba de correlación de Spearman.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron la media y la desviación estándar de los valores de RMSSD en mujeres y hombres, respectivamente (tabla I), identificando que los valores medios se encuentran, de acuerdo con los de referencia propuestos por Medina *et al.* (2012), dentro del percentil 25 y 50 en mujeres y hombres, respectivamente, lo que puede indicar una recuperación adecuada del SNP, mientras que del SS tanto hombres como mujeres se encuentran por encima del percentil 90 (Naranjo-Orellana *et al.*, 2015), indicando un impacto fisiológico alto en los jugadores.

Por otro lado, la escala TQR muestra valores de buena recuperación por parte de ambos géneros (Kenttä y Hassmén, 1998); estos resultados son similares a los encontrados en otro estudio (Selmi, *et al.*, 2022), en el cual se reporta una recuperación de moderada a buena en deportistas de disciplinas intermitentes; sin embargo, existen otros factores que pueden modificar la percepción de la recuperación: el estrés, la calidad de sueño, dolor muscular, entre otros, por lo que incluir escalas que permitan conocer estos aspectos podría ser una buena herramienta complementaria para los entrenadores (Ouerqui *et al.*, 2020).

Tabla I. Media y desviación estándar de los valores de la RMSSD, SS y TQR por género.

Género	RMSSD (ms)	SS (ms)	TQR
M	69.79±21.41	14.61±5.34	14.85±1.72
H	74.32±42.39	15.22±6.8	15.46±1.9

Nota. RMSSD: raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR adyacentes; SS: índice de estrés; TQR: escala de calidad total de recuperación; ms: milisegundos; M: mujer; H: hombre.

Por otro lado, se encontró una relación de Spearman negativa moderada entre los valores de la RMSSD y el SS ($r = -0.482$, $p < .001$; $r = -0.668$, $p < .001$), y débil con la TQR ($r = -0.190$, $p = 0.24$; $r = -0.060$, $p = .04$), así como una relación débil entre SS y TQR ($r = 0.222$, $p = .08$; $r = 0.105$, $p < .001$) para hombres y mujeres, respectivamente, lo cual sugiere una interacción inversamente proporcional entre la actividad parasimpática y el impacto estresor de la actividad, así como entre la recuperación subjetiva y la objetiva.

Un comportamiento similar se puede observar en el estudio realizado por Medina *et al.* (2021), donde se encontró que la relación entre el SS y la pendiente de recuperación de la RMSSD fue de $r = 0.68$ y 0.72 en el caso de dos jugadores de bádminton de élite, de igual forma en un estudio con nadadores donde observaron variaciones en la TQR conforme se acumulaba la carga de trabajo, comenzando con una recuperación adecuada previo a los entrenamientos (147 ± 0.5), y posterior a éstos se encontraron con una percepción menor (13.8 ± 0.6 ; da Costa *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

La dinámica de los métodos objetivos y subjetivos analizados muestra que existe una correlación inversamente proporcional entre el comportamiento simpático y parasimpático, y entre la actividad parasimpática y la TQR, por lo que de acuerdo con la dinámica de estos indicadores: a mayor impacto fisiológico, menor será la recuperación del atleta, esto indica que tener un control adecuado, de las cargas de entrenamiento que se aplican y del estado de recuperación de los atletas, puede contribuir a tener mejoras en el rendimiento; sin embargo, es importante considerar el uso de diferentes herramientas objetivas y subjetivas que permitan un panorama amplio de del estado actual de los atletas.

REFERENCIAS

- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381, <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Buchheit, Martin. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome?, *Frontiers in Physiology*, 5 FEB, 73, <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Da Costa, Marlene, De Oliveira, Vinicius D., De Melo, Marco, *et al.* (2022). Sleep responses of young swimmers to training load and recovery during tapering, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 29(5), 29-2020, https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012020_0054
- Crowcroft, Stephen, McCleave, Erin, Slattery, Katie, *et al.* (2017). Assessing the Measurement Sensitivity and Diagnostic Characteristics of Athlete-Monitoring Tools in National Swimmers, *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), 95-100, <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0406>
- Faul, Franz, Erdfelder, Edgar, Lang, Albert, *et al.* (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences, *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191, <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Garrido, A., de la Cruz, B., Garrido, M., *et al.* (2009). Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton de máximo nivel, *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2(2), 70-4.
- Garrido, A., De la Cruz, B., Garrido, M., *et al.* (2011). Heart rate variability after three badminton matches. Are there gender differences?, *Archivos de Medicina del Deporte*, 28(144), 257-264.
- Kenttä, G., y Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model, *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 26(1), 1-16, <https://doi.org/10.2165/00007256-199826010-00001>
- Mandorino, Mauro, Figueiredo, Aantonio, Con-dello, Giancarlo, *et al.* (2021). The influence of

maturity on recovery and perceived exertion, and its relationship with illnesses and non-contact injuries in young soccer players, *Biology of Sport*, 39(4), 839-848, <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2022.109953>

Medina, Marina, De la Cruz, Blanca, Garrido, Alberto, *et al.* (2012). Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population, *Health*, 04(07), 377385, <https://doi.org/10.4236/health.201247060>

Medina, Marina, Garrido, Alberto, Flores, Mariela, *et al.* (2021). Utility of the RMSSD-Slope for internal training load quantification in elite badminton players. Case study, *Retos*, 40(40), 60-66, <https://doi.org/10.47197/RETOS.V114078348>

Miranda-Mendoza, J., Reynoso-Sánchez, L., Hoyos-Flores, J., *et al.* (2020). Stress score and Lnr-MSSD as internal load parameters during competition, *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 20(77), 2135, <https://doi.org/10.15366/rimcafd202077.002>

Naranjo-Orellana, José, De la Cruz, Blanca, Cachadiña, Elena, *et al.* (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 452-457, <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0235>

Naranjo-Orellana, José. (2018). Variabilidad de la frecuencia cardiaca. Fundamentos y aplicaciones a la actividad física y el deporte, México: Fénix Editora.

Ouergui, Ibrahim, Franchini, Emerson, Selmi, Okba, *et al.* (2020). Relationship between Perceived Training Load, Well-Being Indices, Recovery State and Physical Enjoyment during Judo-Specific Training, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 1-8, <https://doi.org/10.3390/IJERPH17207400>

Sansone, Pierpaolo, Tschan, Harald, Foster, Carl, *et al.* (2020). Monitoring Training Load and Perceived Recovery in Female Basketball: Implications for Training Design, *Journal of strength and conditioning research*, 34(10), 2929-2936, <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002971>

Selmi, Okba, Ouergui, Ibrahim, Levitt, Danielle, *et al.* (2022). Training, psychometric status, biological markers and neuromuscular fatigue in

soccer, *Biology of sport*, 39(2), 319327, <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2022.104065>

Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, *European Heart Journal*, 93(5), 1043-1065, <https://doi.org/10.1161/01.cir.93.5.1043>

Timoteo, Thiago, Debieu, Paula, Miloski, Bernardo, *et al.* (2021). Influence of Workload and Recovery on Injuries in Elite Male Volleyball Players, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 791-796, <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002754>

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects, *JAMA*, 310(20), 2191-2194, <https://doi.org/10.1001/JAMA.2013.281053>

Recibido: 03/11/2022
Aceptado: 03/05/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.



Pars planitis:

una patología ocular que debe informarse

Nadia Flores-Huerta*

Karla Tovar-Hernández*

Matilde Ruiz-Cruz*

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl28.129-6>

LA PARS PLANITIS COMO ENFERMEDAD OCULAR GRAVE

La pars planitis (PP) es una inflamación del ojo (uveítis intermedia) (Ozidal *et al.*, 2015), caracterizada por presentar queratopatía en banda, inflamación en la cámara anterior y vítreo, condensaciones vítreas ("copos de nieve"), exudados en la pars plana ("bancos de nieve"), así como vasculitis de retina e inflamación del nervio óptico (figura 1) (Jabs *et al.*, 2005).

En la Asociación para Evitar la Ceguera en México (APEC) I.A.P., un centro de referencia de tercer nivel en la Ciudad de México, la PP abarca entre 11-14.8% de las uveítis (Alaez *et al.*, 2003; Ortega-Larrocea, 1995; Arellanes-García, 2003). Datos representativos de lo que ocurre a nivel mundial. Esta población son principalmente niños de entre 3-14 años de edad, los cuales son sometidos a un tratamiento agresivo y prolongado para tratar los efectos inflamatorios exacerbados de esta enfermedad autoinmune.

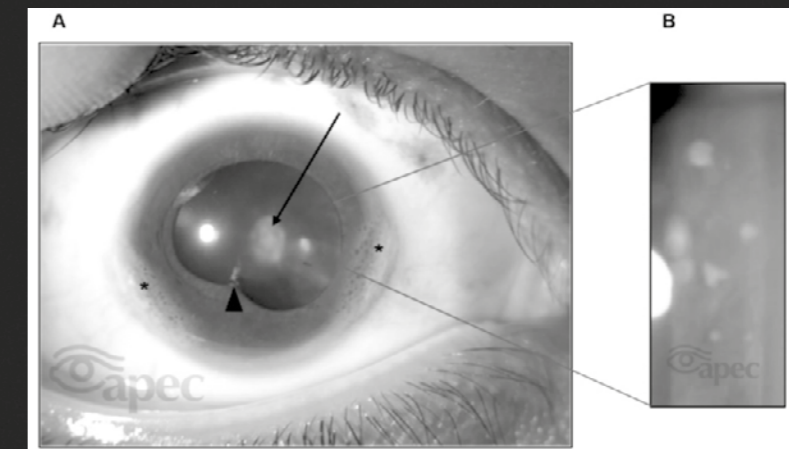


Figura 1. A) Foto a color con lámpara de hendidura de ojo derecho mostrando queratopatía en banda (asterisco), sinequia posterior (cabeza de flecha) y opacidad en cápsula posterior en cristalino (flecha). B) Copos de nieve en cavidad vítreo y retina periférica.

* Asociación para Evitar la Ceguera en México, I.A.P., Ciudad de México, México.
Contacto: nadia.flores@apec.com.mx, karla.tovar@apec.com.mx, matilde.ruiz@apec.com.mx

El diagnóstico de la PP se basa en los hallazgos clínicos durante una revisión oftalmológica en la lámpara de hendidura y con oftalmoscopio indirecto. Además, se hacen estudios de gabinete e imagen como tomografía de coherencia óptica (OCT) macular, ultrabiomicroscopía, angiografía de retina con medio de contraste (fluoresceína) y ultrasonido ocular modo B (figuras 2-4).

El tratamiento va dirigido principalmente a disminuir la respuesta inflamatoria a nivel ocular, aplicándose fármacos sistémicos: esteroides (vía oral, intravenosa, tópico, periocular o intraocular) e inmunosupresores (metotrexato, azatioprina, mofetil micofenolato). En otros países ya se emplean como primera línea de tratamiento fármacos llamados "biológicos" (adalimumab, infliximab). Las complicaciones asociadas son catarata, edema macular quístico, queratopatía en banda en la córnea, neovasos en retina, hemorragia vítrea, membrana ciclítica, desprendimiento del cuerpo ciliar, glaucoma y desprendimiento de retina (DR) (figura 5) (Ozidal *et al.*, 2015). El DR es una complicación grave que con frecuencia lleva a la ceguera, con un alto costo económico y emocional en las familias de estos niños (Kim *et al.*, 2016). No existe un tratamiento que cure al cien por ciento este padecimiento, la PP es una enfermedad crónica, progresiva e insidiosa con varias complicaciones oculares que requiere un tratamiento temprano y agresivo.

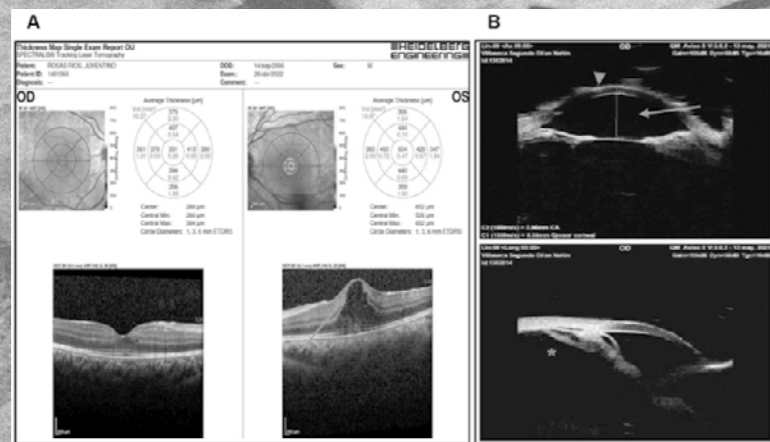


Figura 2. A) Tomografía de Coherencia Óptica (OCT) macular mostrando en Ojo izquierdo edema macular quístico (flecha). B) Ultrabiomicroscopía (UBM, superior) en la que se observa la córnea (cabeza de flecha) y la cámara anterior (flecha); UBM inferior se muestra presencia de membrana ciclítica (asterisco) sobre el cuerpo ciliar e iris.

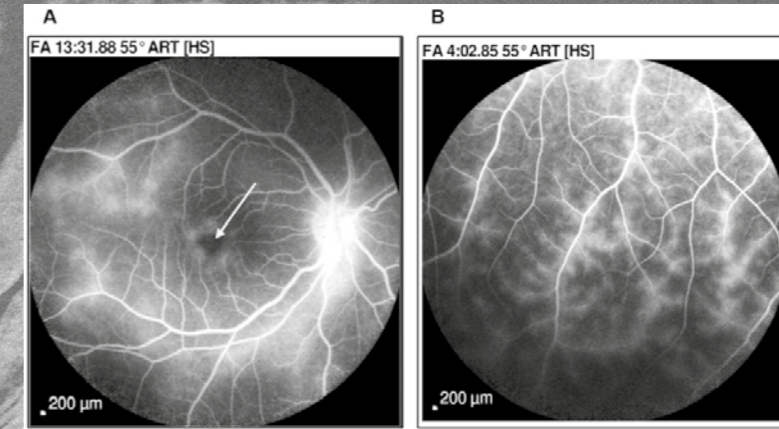


Figura 3. A) Angiografía de retina con medio de contraste (fluoresceína) con imagen petaloide por presencia de edema macular quístico (flecha) en ojo derecho. B) Retina inferior ojo derecho con imagen en "helecho" por fuga vascular venular.

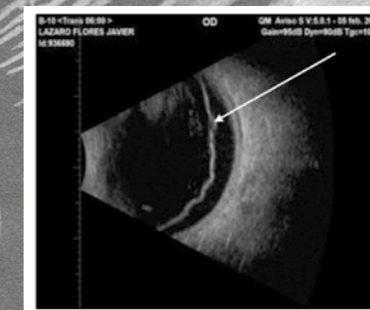


Figura 4. Ultrasonido ocular Modo B mostrando desprendimiento de retina (flecha).



Figura 5. Desprendimiento de retina inferior en ojo derecho (flecha).

INTERÉS MUNDIAL Y NACIONAL

Los casos sin enfermedad subyacente son clasificados como PP o uveítis intermedia idiopática. Afecta principalmente a niños y adolescentes, con predominio del género masculino. Hay una gran variabilidad en la incidencia y la prevalencia de la enfermedad, datos anuales estiman de 1.4-2 casos por cada 100,000 habitantes en Francia y Estados Unidos, y una prevalencia de 5-26.7%. La PP suele afectar ambos ojos, pero también puede desarrollarse afectación asimétrica. Un

gran porcentaje de pacientes presenta enfermedad bilateral (84-92%) (Ozidal *et al.*, 2015; Przędziecka-Dołyk *et al.*, 2016). En población española se reporta PP bilateral en 87.5% de los diagnósticos positivos y una frecuencia de 68.8% en hombres (Romero *et al.*, 2007). En la población mexicana se confirma esta tendencia del género, edad y porcentaje de afectación bilateral (Arellanes-García *et al.*, 2003; Concha del Río *et al.*, 2020).

ELUCIDANDO LOS MECANISMOS DE SUSCEPTIBILIDAD GENÉTICA E INMUNOPATOGENICIDAD

En pacientes mexicanos, se ha asociado una inflamación más grave al HLA-B51 en mujeres y HLA-DRB1*0802 en hombres con PP (Arellanes-García *et al.*, 2003). Confirmando una asociación entre las características clínicas, genético y alelos de HLA (Przędziecka-Dołyk *et al.*, 2016).

La PP se ha descrito como una patología ocular con características



ticas autoinmunes. La respuesta inmune reconoce diversos autoantígenos que afectan la fisiología de la retina, a consecuencia de la ruptura de la barrera hematorretinal (Khodadoust *et al.*, 1986). Actualmente, se sabe que los linfocitos T cooperadores son predominantes en las infiltraciones perivasculares, en los "bancos de nieve" que se forman por efecto de la proliferación glial postinflamatoria de astrocitos fibrosos, células de Müller, colágeno tipo IV y laminina (Yokoyama *et al.*, 1981).

Recientemente, se ha descrito la participación de la subpoblación Th17 de linfocitos T, y las T CD57+ en la patogénesis de la enfermedad. Las alteraciones en la regulación y proporción de subpoblaciones de los linfocitos T promueven las condiciones proinflamatorias en la PP (Kosmaczewska *et al.*, 2020; Murphy *et al.*, 2004; Pedroza-Seres *et al.*, 2007).

A la fecha no hay un modelo animal que emule completamente el padecimiento. Esto ha sido una gran limitante en la búsqueda de su causalidad (Przędziecka-Dołyk *et al.*, 2016). Implicaciones notables en la PP han sido atribuidas a las citocinas, quimiocinas y otras moléculas (Pérez *et al.*, 2004; Thomas *et al.*, 2020). Los estudios han demostrado que las citocinas estimulan la respuesta Th1 en la fase activa de la enfermedad, y en la fase de resolución hay un cambio hacia la respuesta Th2.

Algunas investigaciones han demostrado la presencia de antígenos proteicos en suero de pacientes con PP (Cancino-Díaz *et al.*, 2003; Castañe-



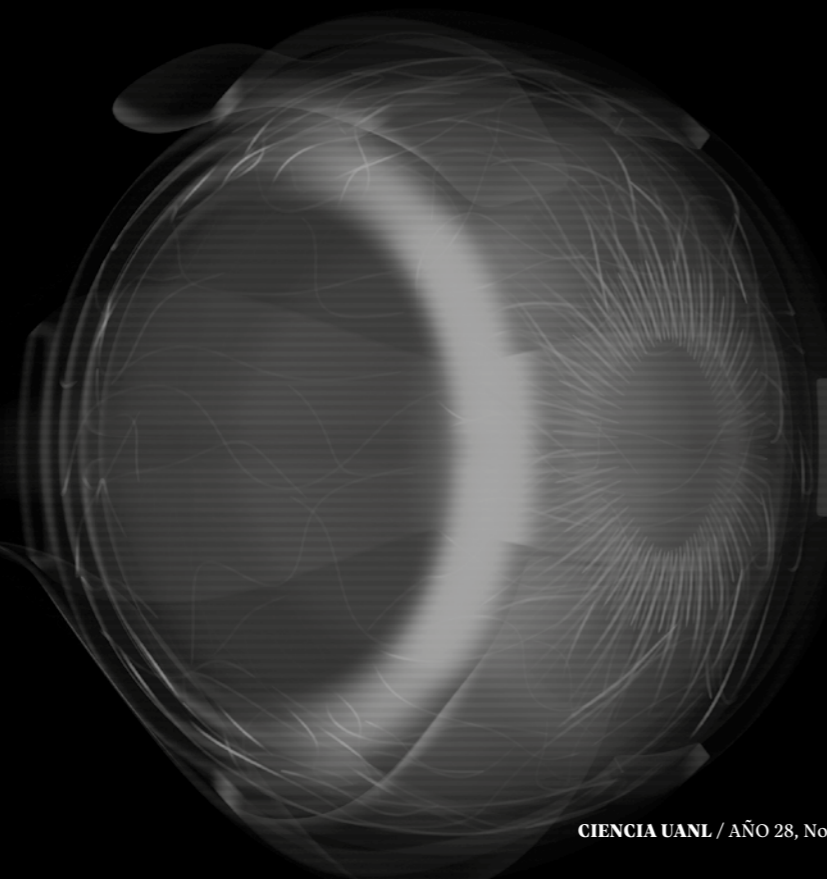
da *et al.*, 2009). El papel de estas proteínas no es claro y aunque sugiere importantes implicaciones en la patogénesis de la enfermedad, necesitan ser investigadas.

RETOS Y PERSPECTIVAS

El diagnóstico oportuno es crucial para implementar una terapia adecuada y agresiva enfocada en tratar la inflamación intraocular y el daño que ésta pueda ocasionar.

La amplia gama de tratamientos biológicos disponibles en la actualidad respalda la necesidad de investigar enfermedades idiopáticas con antecedentes inmunológicos poco descritos o autoinmunes, como la PP.

Actualmente, en APEC I.A.P. se están llevando a cabo protocolos de investigación moleculares, con la finalidad de conocer las células inflamatorias involucradas de manera directa a nivel intraocular en la población de niños con pars planitis. Lo anterior con la finalidad de poder entender mejor la fisiopatología de esta enfermedad que afecta solamente al ojo y en un futuro poder desarrollar fármacos intraoculares que ayuden a controlar la inflamación.



CONCLUSIONES

El adecuado control de la inflamación en el tejido ocular es crucial para mejorar el pronóstico.

Una mejor comprensión de los mecanismos inmunológicos en la PP contribuye a desarrollar mejores conceptos de la terapia.

Es imperativa la búsqueda de nuevas moléculas asociadas a la patología de la PP. La revisión oftalmológica en la población infantil mexicana debería ser obligatoria a partir del primer año de edad con la finalidad de poder detectar de manera temprana la PP.

Con la difusión de esta información y el apoyo de diferentes sectores, se podría resaltar la importancia que tiene esta patología en nuestro país.

Agradecimientos
Asociación para Evitar la Ceguera en México I.A.P.

REFERENCIAS

- Alaez, Carmen, Arellanes, Lourdes, Vázquez, Alejandra, *et al.* (2003). Classic pars planitis: strong correlation of class II genes with gender and some clinical features in Mexican mestizos, *Hum Immunol*, 64, 965-972.
- Arellanes-García, Lourdes, Navarro-López, Luz P., Recillas-Gispert, Claudia. (2003). Pars planitis in the Mexican Mestizo population: Ocular findings, treatment, and visual outcome, *Ocul Immunol Inflamm*, 11, 53-60.
- Cancino-Díaz, J.C., Vargas-Rodríguez, L., Grinberg-Zylberbaum, N., *et al.* (2003). High Levels of IgG Class Antibodies to HSP 60 kDa of Yersinia enterocolitica in Sera of Patients with Uveitis, *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 44, 4604.
- Castañeda, Jorge, Curiel-Quesada, Everardo, Pedrosa-Seres, Miguel, *et al.* (2009). Peptidic sequence "HSEAETGPP" is recognized by the sera of pars planitis patients, *Clin Invest Med*, 32, E206-11.

Concha-del Río, Luz E., Duarte-González, Gonzalo A., Mayorquín-Ruiz, Mariana, *et al.* (2020). Characterization of cyclitic membranes by ultrabiomicroscopy in patients with pars planitis, *J Ophthalmic Inflamm Infect*, 10, 7.

Jabs, Douglas A., Nussenblatt, Robert B., Rosenbaum, James T., *et al.* (2005). Standardization of uveitis nomenclature for reporting clinical data. Results of the First International Workshop, *Am J Ophthalmol*, 140, 509-516.

Khodadoust, A.A., Karnama, Y., Stoessel, K.M., *et al.* (1986). Pars planitis and Autoimmune Endotheliopathy, *Am J Ophthalmol*, 102, 633-639.

Kim, Yong-K., Yoon, Wontae, Ahn, Jae K., *et al.* (2016). Scleral Buckling for Rhegmatogenous Retinal Detachment Associated with Pars Planitis, *J Ophthalmol*, 4538193.

Kosmaczewska, Agata, Przeździecka-Dołyk, Joanna, Turno-Kręcicka, Anna, *et al.* (2020). Imbalance in PB IL-17-Secreting and Regulatory Cells in Pars Planitis Is Associated with Dysregulation of IFN- γ -Secreting Cells, Especially in Patients with Clinical Complications, *Mediators Inflamm*, 9175083.

Lakra, Ruchika, Elango, Nandhini, George, Aamala E., *et al.* (2021). Ocular manifestations of HLA B 27 associated uveitis: a study of 255 cases from a tertiary eye care centre from South India, *Int Ophthalmol*, 41, 3743-3748.

Murphy, C.C., Duncan, L., Forrester, J.V. *et al.* (2004). Systemic CD4(+) T cell phenotype and activation status in intermediate uveitis, *Br J Ophthalmol*, 88, 412-416.

Ortega-Larrocea, Gabriela, Arellanes-García, Lourdes. (1995). Pars planitis: epidemiology and clinical outcome in a large community hospital in México city, *Int Ophthalmol*, 19, 117-120.

Ozdal, Pinar C., Berker, Nilufer, Tugal-Tutkun, Ilknur. (2015). Pars planitis: Epidemiology, Clinical Characteristics, Management and Visual Prognosis, *J Ophthalmic Vis Res*, 10, 469-480.

Pedroza-Seres, Miguel, Linares, Maricela, Voorduin, Stephanie, *et al.* (2007). Pars planitis is associated with an increased frequency of effector-memory CD57+ T cells, *British Journal of Ophthalmology*, 91, 1393.

Pérez, Víctor, Papaliadis, George, Chu, David, *et al.* (2004). Elevated Levels of Interleukin 6 in the Vitreous Fluid of Patients with Pars Planitis and Posterior Uveitis: The Massachusetts Eye & Ear Experience and Review of Previous Studies, *Ocul Immunol Inflamm*, 12, 205-214.

Przeździecka-Dołyk, Joanna, Węgrzyn, Agnieszka, Turno-Kręcicka, Anna, *et al.* (2016). Immunopathogenic Background of Pars Planitis, *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*, 64, 127-137.

Romero, Ricardo, Peralta, Jesús, Sendagorta, Elena, *et al.* (2007). Pars planitis in children: epidemiologic, clinical, and therapeutic characteristics, *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 44, 288.

Thomas, Akshay S., Ali, Amro, Arepalli, Sruthi, *et al.* (2020). Inferior Corneal Haze and Inflammatory Endotheliopathy Related to Pars Planitis, *Ocul Immunol Inflamm*, 28, 798-801.

Wakefield, Denis, Clarke, Daniel, McCluskey, Peter. (2021). Recent Developments in HLA B27 Anterior Uveitis, *Front Immunol*, 11.

Yokoyama, M.M., Matsui, Y., Yamashiroya, H.M., *et al.* (1981). Humoral and cellular immunity studies in patients with Vogt-Koyanagi-Harada syndrome and pars planitis, *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 20, 364-370.

Recibido: 30/11/2022
Aceptado: 23/01/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.



Piedritas que construyen rocas: la labor de Carmen Molina Torres en la aplicación de modelos de infección bacteriana

María Josefa Santos Corral*



La doctora Carmen Amelia Molina Torres tiene una licenciatura en Química Farmacéutica Biológica, una maestría en Ciencias, con especialidad en Microbiología Médica, y un doctorado, también en Ciencias, con especialidad en Microbiología, por la UANL. Sus líneas de investigación están vinculadas con modelos de infección y susceptibilidad antimicrobianos de micobacterias no tuberculosas, el estudio de factores de virulencia y epidemiología molecular, temas en los que ha publicado más de 30 artículos especializados, capítulos de libro e impartido numerosas conferencias. Colabora en el Servicio de Dermatología y en el Departamento de Microbiología de la UANL. Sus investigaciones han recibido numerosos reconocimientos, entre los que destaca el primer lugar en el área de Tuberculosis en el Encuentro Estatal de Investigación en Salud en 2002. Desde 2011 es profesora titular del Servicio de Dermatología, Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González de la UANL.

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



¿Cómo descubre la doctora Molina su vocación por la investigación?

En realidad, por varias circunstancias. Primero porque fui impulsada por algunos maestros a seguir estudiando luego de concluir la licenciatura. Me explico, cuando cursaba la licenciatura, una de las maestras siempre decía: "si ustedes tienen un promedio más o menos bueno o arriba de 80, no se vayan a quedar sólo con la licenciatura". Ese fue mi caso, a lo que se sumó mi afán por hacer cosas nuevas siempre. Tiendo a aburrirme haciendo las mismas actividades. Es por esto que, cuando tuve la oportunidad ya trabajando, me propuse hacer una maestría para lo que ayudó la posibilidad de obtener una de las becas de Conacyt. Como rama de investigación elegí el de la microbiología, que me gustaba mucho desde la facultad. Cuando terminé la maestría, mi asesor, el Dr. José María Viader, me animó a seguir con el doctorado. Ahí sí no sabía bien para qué, pues trabajando en la Secretaría de Salud ya con la maestría me podía mover para hacer cosas nuevas. Lo pensé y finalmente me animé porque consideré que haciendo el doctorado podría profundizar los conocimientos que había adquirido en la maestría.

En el doctorado quise seguir con la línea de tuberculosis; elegí solicitarle al Dr. Lucio Vera, experto en el tema, ser su alumna y aceptó ser mi director. Me congratulo de haber dado

ese paso, pues con el doctorado pude tener una visión más amplia de la investigación y de los temas que potencialmente podrían ser investigados. Ya en el doctorado me explotó la cabeza y dije sí me gusta, es lo mío, ahí surgió mi amor por la investigación. Me entusiasmé tanto que fue muy sencillo dedicarme a la ciencia. En el proceso de mi tesis algunos experimentos eran muy largos y tenía tiempos muertos, entonces le pedí a mi asesor que me permitiera participar en otros proyectos. De ahí surgió, incluso, una experiencia fuera del país, en el estado de Texas, que culminó en una publicación.

Me quedaba claro, desde entonces, que las carreras de investigación en México eran un poco complicadas por la falta de plazas. Por suerte, tuve la oportunidad de ingresar al Programa de Repatriación y Retención de Jóvenes Investigadores de Conacyt, que te abre la oportunidad de obtener una plaza como profesor. De otra forma, probablemente hubiera sido un poco complicado. Actualmente estoy adscrita al Servicio Clínico de Dermatología, un laboratorio de análisis que me facilita el contacto con pacientes que padecen enfermedades de la piel de origen bacteriano y micológico.



¿Cómo transita de la química farmacobiológica a la investigación en tuberculosis?

La tuberculosis es un problema de salud pública en México y el mundo. Desde mi primer trabajo como química en un laboratorio hospitalario pude estar en contacto con la problemática que representaba el diagnóstico y seguimiento de esta enfermedad. Fue ahí donde me interesé por el tema, y cuando ingresé a la maestría elegí trabajar con un investigador que tenía a la tuberculosis en su línea de investigación. Además, la carrera de químico farmacobiólogo me dio las bases y me sirvieron muchas materias para lo que hago actualmente: la parte de química que no es tan profunda, la química orgánica, análisis cualitativo y cuantitativo, bioquímica, microbiología, bacteriología, inmunología, parasitología y micología.



¿Qué desafío encuentra en la construcción de modelos de infección?

El desarrollo de modelos de infección en nuestros laboratorios enfrenta varios desafíos, el más importante es el económico. En ocasiones los recursos son limitados. En nuestro laboratorio trabajamos algunos modelos con ratones, principalmente, también con líneas celulares de macrófagos con el Dr. Jorge Castro, y uno muy novedoso, las rebanadas de tejido que hemos trabajado en conjunto con la doctora Pilar Carranza, una doctora en Morfología quien es la especialista.

Para los agentes o las bacterias que yo trabajo, el principal reto es, como señalé anteriormente, el económico porque, por ejemplo, el uso de ratones es muy costoso. Además, se requieren laboratorios muy especializados y técnicamente más complicados. Por otra parte, el hecho de que en estos modelos se experimente con ratones los sitúa lejos del humano, por lo que no siempre todo lo que se analice y se encuentre en los modelos de ratones puede funcionar. Los

hallazgos sirven como un apoyo, como una catapultita, para poder hacer experimentos en seres humanos, pero son sólo los primeros pasitos que se dan para estudiar infecciones o sus posibles opciones terapéuticas.

Otro desafío es la parte técnica, por ejemplo, el hacer algunos ensayos en animales de laboratorio, como ratones, se nos dificulta porque no tenemos acceso a bioterios especializados para el manejo con ciertos agentes infecciosos.



¿Cómo integra la doctora Molina su red de trabajo desde la transdisciplina?

Quiénes nos dedicamos a la ciencia básica difícilmente abordamos la transdisciplina porque las preguntas son sencillas y muy específicas en nuestras líneas de investigación. Podría decir que, por ejemplo, en el trabajo interdisciplinar que he realizado con la Dra. Pilar Carranza, quien es especialista en modelos de rebanadas de animales, llega hasta los conceptos bioéticos del uso de animales de experimentación. Ahora mismo estoy escribiendo un trabajo sobre infecciones emergentes y migración en México, y he tenido que embeberme en temas sociales que no son mi disciplina, pero que convergen y explican el comportamiento de la aparición de enfermedades.

En cuanto a mi red de investigación, realmente han sido amistades y algunos investigadores que hemos conocido en congresos. Hemos trabajado, por ejemplo, con un grupo en Chiapas que estaba a cargo del programa de tuberculosis allá, y a uno de los investigadores lo conocí en un congreso en Canadá y, al ser los únicos mexicanos, platicando nos propusimos hacer algo juntos, enfocándonos en la población chiapaneca.

La otra manera es buscando también en Internet a las personas que son expertas en ciertos temas. Así fui en algún momento a trabajar a Texas. Este intercambio sucedió porque mi asesor había conseguido un antimicrobiano de reciente desarrollo y ellos tenían el tipo de bacterias que queríamos probar e hicimos el acuerdo vía Internet. A otros investigadores los conocimos en los distintos laboratorios donde vamos a dar pláticas o a hacer un trabajo puntual. Este fue el caso de la doctora Pilar Carranza, quien maneja los modelos de rebanadas de pulmón. Ella estaba en un laboratorio donde yo iba a trabajar y nos hicimos muy amigas, en algún punto dijimos: por qué no trabajamos tus modelos con mis bacterias, así fue como comenzamos nuestra investigación conjunta.

Ella a su vez tenía un alumno, el doctor Ezequiel Viveros, adscrito a la Facultad de Ciencias Biológicas; él se dedica a los compuestos extraídos de plantas o compuestos biológicos con actividad antibacteriana y me propuso que los probáramos en las micobacterias. Ahí ya empezamos también a trabajar juntos. Esa es la manera en que se van dando las relaciones interdisciplinarias y vamos trabajando juntos. Todo esto basado en la confianza.



¿Hasta dónde sus resultados de investigación han sido transferidos a la práctica médica o al desarrollo farmacéutico?

En los primeros años de mi carrera como investigadora estuvimos probando varias drogas antimicrobianas contra micobacterias, específicamente una que se llama tedizolid y que actualmente, gracias al trabajo que hicieron muchos grupos de investigación en el mundo, está siendo usado para combatir múltiples infecciones.

En todos nuestros proyectos de investigación participan estudiantes desde pregrado. Algunos de ellos vienen aquí a los veranos de investigación y se involucran para aprender técnicas de laboratorio, y observan la manera en que hacemos investigación. También recibimos estudiantes de medicina, que seguramente no se van a dedicar a la investigación, pero adquieren una visión que puede enriquecer su práctica clínica. Precisamente ahorita tengo un alumno que es médico, ya terminó la carrera y vino a hacer el servicio social porque si bien le gusta mucho ser médico y la clínica, además quiere hacer investigación, quiere estar en contacto con el laboratorio específicamente, con la parte básica de las infecciones. Eso es en cuanto a nuestra transferencia de conocimientos a los estudiantes.

Luego está el trabajo con tedizolid que mencioné arriba, que es un fármaco que salió a la luz para lo que nosotros pusimos una piedrita. Todo lo que se hace en investigación básica son piedritas que se van juntando y colocando para poder construir una roca grande, que posteriormente se envíe a los laboratorios del mundo a ver quién lo quiere probar. Nosotros participamos con las compañías que buscan generar activos contra las bacterias más comunes, con las que más batallan los hospitales o las bacterias que son más problemáticas en los hospitales. Así, cuando sacan un nuevo producto, levantamos la mano y decimos ¿nos podrían mandar un poquito para probarlo contra mis bacterias?, y es así como nos colamos en la red para ser parte de la investigación, justo fue lo que ocurrió con tedizolid.

Además, los artículos que publicamos sobre nuestros modelos de infección se constituyen también en piedritas para que otros autores, en distintas partes del mundo, que estén probando los compuestos, tomen nuestros modelos de infección como referencia, eso luego puede servir para otras moléculas a las cuales nosotros no tenemos acceso.

En los últimos trabajos que he hecho me han interesado mucho las micobacterias no tuberculosas que han resultado de procedimientos estéticos. Como están muy de moda procedimientos como la liposucción y las mesoterapias, se han incrementado las infecciones, pues al momento de hacerlos no se utilizan técnicas de asepsia correcta y resulta en infecciones. Muchas de estas micobacterias no tuberculosas son de difícil tratamiento y generan infecciones crónicas muy fuertes que luego requieren meses enteros de tratamiento. Entonces, hemos estado trabajando con esas bacterias para saber también cuáles son los antibióticos más eficaces y cómo se comportan en nuestro medio.

En el último artículo que publicamos, medimos el número de bacterias en el agua de Monterrey, se había hecho para otros lugares como la CDMX o Guadalajara, pero no en nuestra ciudad. Lo anterior es importante porque, en ocasiones, los instrumentos no se esterilizan bien y las bacterias están en el agua que puede ser una fuente de contaminación. Nosotros encontramos que, efectivamente, en el agua de Monterrey se encuentran algunas bacterias que causan estas infecciones. Esos datos también ayudan a las alertas epidemiológicas que se extienden en el país. Además, ahí sí se combina mi trabajo de investigación con lo que se hace en el servicio de Dermatología, al que estoy adscrita.



¿Qué le ha dado la doctora Molina a la UANL y usted qué ha recibido de la UANL?

Muy interesante pregunta. A la UANL yo le he dado todo mi cariño y mi amor por la microbiología, a mí me fascina esta rama de la ciencia. Además, hay algo que yo descubrí cuando empecé a trabajar en la Universidad, me gusta mucho la docencia, muchísimo. De hecho, podría dedicarme sólo a la docencia, porque me encanta. Y eso para mí, ahorita, es lo más importante. Trato de ser buena docente, estar al día con todos los datos, dar lo mejor de mí en las clases. Participo como tutora, como revisora y en todas las actividades que nos solicita la Universidad.

La Universidad me ha proporcionado la satisfacción de hacer ciencia y docencia que es lo más importante; también, la oportunidad de desarrollar esta profesión en las áreas que más me gustan. Como profesores tenemos mucha responsabilidad, pero también muchos privilegios.

Muchas gracias doctora Molina.



Descarga aquí nuestra versión digital.



IMAGINARIA

La revista *CIENCIA UANL* te invita a publicar tus cuentos de ciencia ficción, dibujos, poemas, cómics o fotografías en la sección imaginaria, un espacio dedicado a las muestras artísticas.

Si estás interesado, manda un correo a esta dirección revista.ciencia@uanl.mx para mayor información



SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

DI DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



Sustentabilidad ecológica



EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA SOCIEDAD

Pedro César Cantú-Martínez*
ORCID: 0000-0001-8924-5343

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

En una visión holística el ser humano interactúa con tres dimensiones muy relevantes: ecológica, económica y social. En esta última, la educación es un proceso que va más allá de la simple transmisión de conocimientos, ya que implica la formación integral de personas. Consecuentemente, resulta fundamental tener claro el tipo de individuo que se quiere constituir. Esto hace reflexionar sobre valores, habilidades y competencias que se consideran importantes para el desarrollo humano (Molina *et al.*, 2008). Además, al vislumbrarse se establecen objetivos coherentes con un plan educativo que aborde las capacidades individuales para alcanzar el máximo desarrollo. En suma, la teleología educativa invita a reflexionar sobre el propósito último, que es edificar personas (Rigal, 2011).

En definitiva, los fines educativos reflejan aspiraciones, valores sociales particulares y prioridades. Por tanto, es fundamental analizarlos críticamente, para asegurar que estén alineados con principios éticos y democráticos que promuevan justicia social, como el desarrollo de las personas (Krishnamurti, 2019). Es importante reconocer que los fines educativos no son estáticos ni universales, sino que están sujetos a cambios constantes en función del contexto sociohistórico en el que se desarrollan. Así que es necesario fomentar un diálogo participativo entre los actores involucrados en el proceso educativo para definir los objetivos que guiarán la acción educativa.

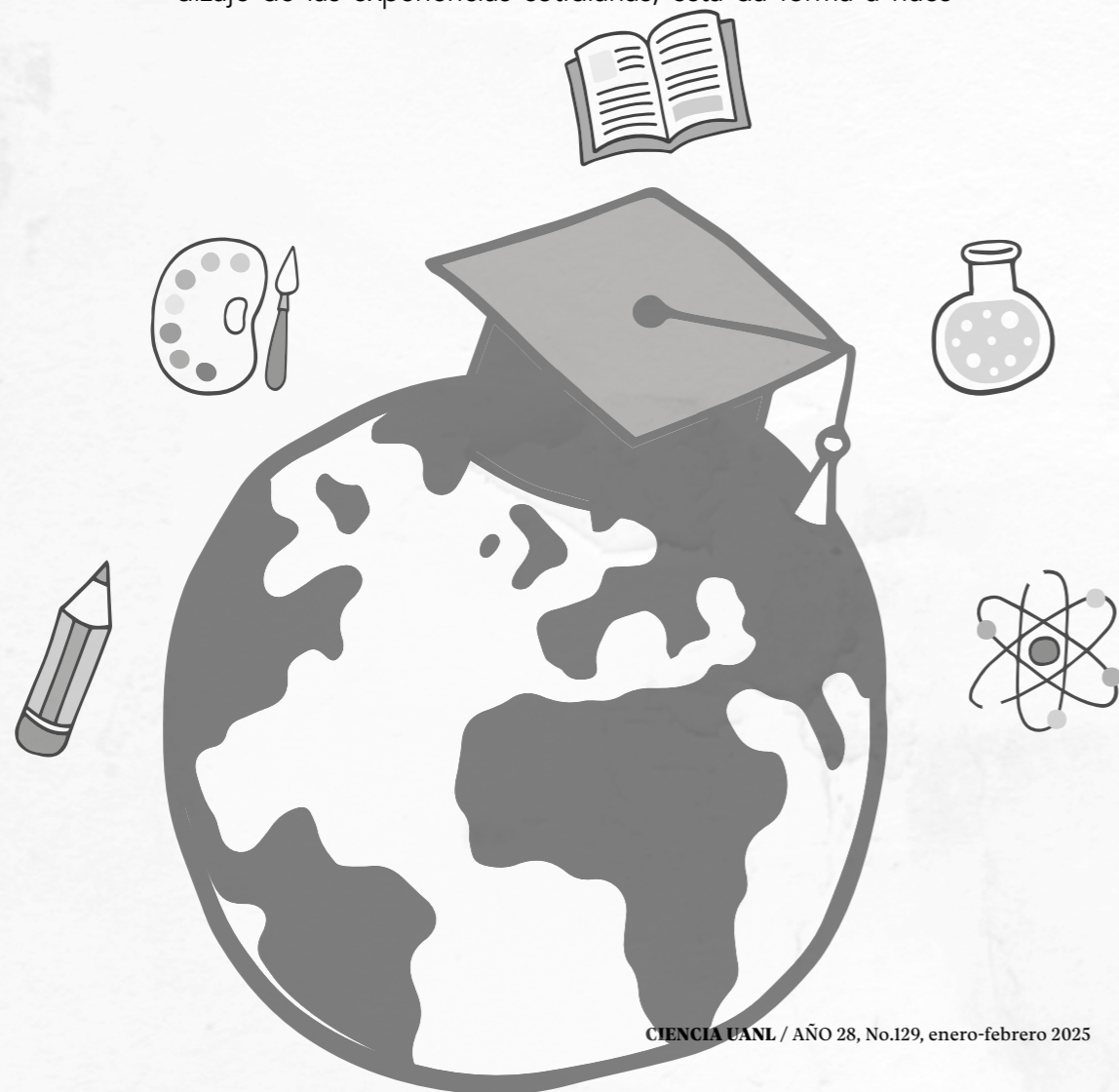
Actualmente, la enseñanza tiene propósitos y enfoques que van desde la formación integral de individuos hasta la preparación



para el mercado laboral. Sin embargo, es importante seguir reflexionando sobre sus objetivos y cómo éstos pueden contribuir al desarrollo de una sociedad más conveniente. Es fundamental promover una instrucción que fomente el pensamiento crítico, la creatividad, la empatía y el respeto por la diversidad, para formar ciudadanos comprometidos con su entorno y capaces de enfrentar los desafíos socioambientales (Altuve, 2010; Morales, 2014). Por ello, ahondaremos en la educación, su empleo en la sostenibilidad, la relevancia en la construcción de la ciudadanía global y finalmente haremos algunas consideraciones.

¿QUÉ ES LA EDUCACIÓN?

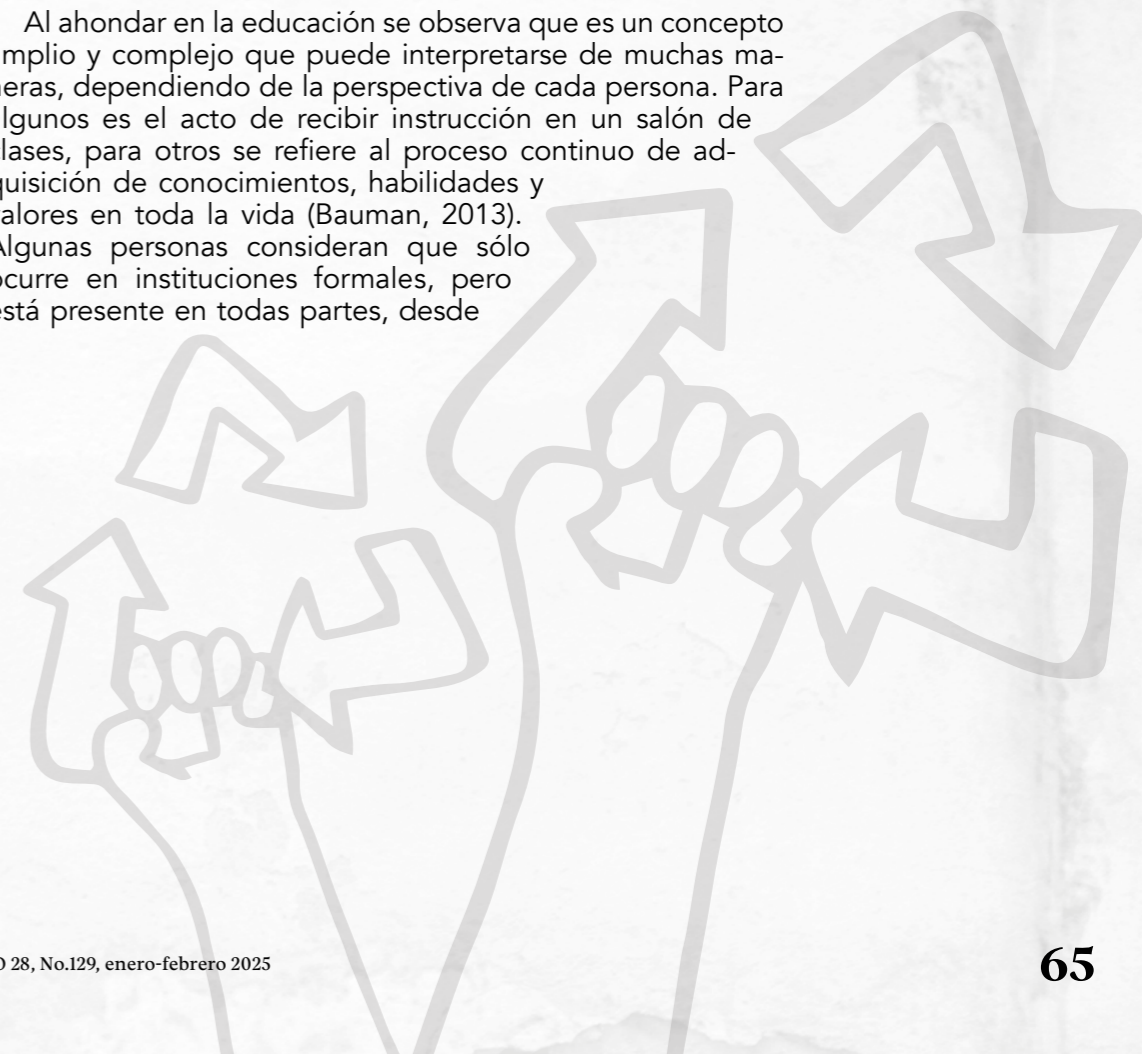
La educación es un aspecto crucial en la vida. Sea que se trate de la formal, la capacitación práctica o simplemente el aprendizaje de las experiencias cotidianas, ésta da forma a nues-



tro conocimiento y comprensión del mundo que nos rodea. Desde la aritmética básica hasta las teorías complejas, nos capacita para pensar críticamente, resolver problemas y comunicarnos de manera efectiva. Abre puertas a nuevas oportunidades y ayuda a sortear desafíos que la vida nos presenta (León, 2007). Similarmente, su propósito es más que aprender datos y conceptos: trata de preparar individuos para tener éxito en la vida personal y profesional. También fomenta el crecimiento personal y ayuda a comprender mejor el mundo que nos rodea. Además, es clave para promover valores importantes como la tolerancia, respeto y empatía.

La formación es un proceso continuo y multifacético que implica adquirir conocimientos académicos, habilidades sociales, emocionales y cognitivas. En particular, permite razonar, cuestionar creencias preestablecidas y aprender a vivir en armonía con los demás (Méndez, 2013). Adicionalmente, brinda herramientas para enfrentar los desafíos de la vida cotidiana de manera segura, constituyéndose en baluarte para el progreso individual y del colectivo social.

Al ahondar en la educación se observa que es un concepto amplio y complejo que puede interpretarse de muchas maneras, dependiendo de la perspectiva de cada persona. Para algunos es el acto de recibir instrucción en un salón de clases, para otros se refiere al proceso continuo de adquisición de conocimientos, habilidades y valores en toda la vida (Bauman, 2013). Algunas personas consideran que sólo ocurre en instituciones formales, pero está presente en todas partes, desde





interacciones cotidianas con otras personas hasta las experiencias fuera del entorno académico.

Hoy, la educación va más allá de sentarse en un aula y escuchar a un maestro. Ahora involucra tecnología, metodologías innovadoras y un enfoque holístico del aprendizaje. Desde la enseñanza a distancia hasta el aprendizaje basado en proyectos, los métodos educativos evolucionan para adaptarse al mundo cambiante que nos rodea. Además, se reconoce la importancia de fomentar habilidades socioemocionales y blandas junto con el conocimiento académico tradicional. Las habilidades blandas hacen referencia a las cualidades personales que nos definen como individuos y nos permiten relacionarnos de manera positiva (Talavera y Garrido, 2010). Por esto es actualmente dinámica, diversa, constantemente hace esfuerzos para preparar a las personas y que puedan insertarse socialmente en un mundo revolucionado.

EMPLEO DE LA EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD SOCIAL

Al hacer un recuento breve, encontramos las civilizaciones como la egipcia y la griega, que se enfocaron en el aprendizaje para preservar y transmitir conocimientos sobre arquitectura, matemáticas, astronomía y medicina (Hernández, 1998, Manacorda, 2004). Estas culturas no sólo se centran en el desarrollo intelectual, también en la formación moral y espiritual (Salas, 2019). Hoy es pilar fundamental en la sociedad, a través de ella se transmiten los valores, conocimientos y habilidades para el desarrollo

personal y social. Cada cultura y civilización tiene su forma de entenderla y enfocarla, pero siempre es un factor determinante en el avance de la humanidad.

En cambio, en oriente, la didáctica tradicional japonesa también ha valorado la importancia de los ritos y tradiciones ancestrales, como el respeto por la cultura y las artes (Tanaka, 2016). Sin embargo, al igual que en China, se orientó al progreso económico y tecnológico (Xu y García, 2021); sin embargo, logró combinar con éxito su rica herencia cultural con su posición como potencia económica mundial, lo que le ha permitido mantenerse a la vanguardia en términos de innovación y desarrollo.

Igualmente, la educación promueve sistemas sociales diferenciados en su constructo para la continuidad social. Así hallamos, en el capitalismo, que el enfoque principal es el individualismo y la competencia, donde se valora el éxito personal principalmente. Forma individuos capaces de destacar en un mercado laboral competitivo para alcanzar metas personales mediante el desarrollo de habilidades técnicas y empresariales. Por ejemplo, en Europa es de alta calidad, cada país tiene su propio sistema educativo, pero muchos comparten características similares, como la gratuidad y énfasis en los idiomas extranjeros. Se impulsa y se invierte considerablemente en garantizar que las personas tengan acceso a una formación completa, con alto nivel de competencia (Guzmán y Liñán, 2005; Carol, Gallardo y Jiménez, 2014).

En cambio, la pedagogía sustentada en principios socialistas apunta a la solidaridad y equidad. Se enfoca en el bienestar colectivo y la construcción de una sociedad justa. Este modelo educativo fomenta el trabajo en equipo, la colaboración y el apoyo mutuo para lograr objetivos comunes (Castro, 1981). Así tenemos a Cuba, por ejemplo, donde constituye la prioridad nacional, con un sistema gratuito desde la primaria hasta la universidad. Las personas reciben formación que enfatiza valores y el servicio comunitario (Santana y Villavicencio, 2022). Destaca por su nivel de alfabetización que fomenta un aprendizaje inclusivo.

Como se observa, la educación favorece la socialización, concreción y unión de ideas, valores y percepciones que otorgan sentido de pertenencia e identidad social a las comunidades. Entre los personajes que han cambiado la forma en que pensamos sobre esta importante actividad humana y que promueven la sostenibilidad social sobresalen Jean Jaques Rousseau (1712-1778), John Dewey (1859-1952), Jean Piaget (1896-1980) y Paulo Freire (1921-1997).

EDUCACIÓN PARA LA CIUDADANÍA DEL MUNDO

Es importante aprender a leer, escribir y contar porque son los conocimientos que nos abren la puerta a la sociedad y el mundo. Pero, con todos los problemas que hoy nos aquejan y que atentan contra la sostenibilidad, puede que no sean suficientes estas tres condiciones para entender lo que pasa a nuestro alrededor y encontrar un propósito de vida. Lo que vemos a través de esa puerta revela un conocimiento infinito y complejo, que determina cómo actuar después. Así que la educación impacta en qué practicaremos en el seno de una comunidad.

La enseñanza para la ciudadanía del mundo auxilia cómo ser buenos ciudadanos, respetuosos y capaces de ajustarnos a un mundo que cambia muy rápido, incluso cuando hay eventualidades difíciles de sortear y que conduce a resignificar nuestras conductas para prolongar la vida (UNESCO, 2024). Ser un ciudadano del mundo significa darnos cuenta que estamos conectados a nuestra sociedad y también a



una comunidad mundial (Naciones Unidas, 2024). Si contribuimos de manera positiva a esta comunidad, también influiremos en cambios a nivel local, nacional e incluso mundial. Para esto, lo importante es tener una mentalidad abierta. Un ciudadano del mundo comprende cómo funciona éste, respeta las diferencias entre personas y trabaja junto a otros para encontrar soluciones a problemas globales.

CONSIDERACIONES FINALES

La educación para la sostenibilidad social es aprender cómo perpetuar y mejorar nuestra sociedad. Se trata de tomar decisiones inteligentes para proteger la vida. Es clave para una buena formación y el quehacer durante toda nuestra vida. Reconoce además que se puede aprender de muchas maneras diferentes, dentro y fuera de los recintos escolares. El objetivo de ésta es ayudarnos a reorientar conductas y saberes en lo colectivo y en lo individual. De modo que podamos sortear las problemáticas sociales, económicas y ambientales que



nos aquejan de manera global. Para ello debemos cambiar la interpretación de las acciones humanas y encontrar soluciones viables para todos.

REFERENCIAS

- Altuve, José G. (2010). El pensamiento crítico y su inserción en la educación superior, *Actualidad Contable Faces*, 13(20), 5-18.
- Bauman, Zygmunt (2013). *Sobre la educación en un mundo líquido*, Barcelona, España Ediciones Paidós.
- Carol, Rosa V., Gallardo, Mar P., y Jiménez, Antonio A. (2014). El proyecto INCLUD-ED: estrategias para la inclusión y la cohesión social en Europa desde la educación, *Investigación en la Escuela*, (82), 31-43.
- Castro, Fidel. (1981). *Educación y revolución*, México, Editorial Nuestro Tiempo, S.A.
- Guzmán, Joaquín J., y Liñán, Francisco. (2005). Evolución de la educación empresarial en Estados Unidos y Europa: su papel como instrumento de desarrollo, *Revista de Economía Mundial*, 12, 149-171.
- Hernández, Mercedes M. (1998). Ser griego en Egipto: apuntes sobre la coexistencia de dos modelos educativos en el Egipto helenístico, *Polis: Revista de Ideas y Formas Políticas de la Antigüedad*, (10), 213-246.



Krishnamurti, Jiddu. (2019). *Sobre la educación*, España, Editorial Kairós.

León, Anibal. (2007). *Qué es la educación*, *Educere*, 11(39), 595-604.

Manacorda, Mario A. (2004). *Historia de la educación 1, de la antigüedad al 1500* (Vol. 1), México, Siglo XXI.

Méndez, Nelson. (2014). Caminando hacia el futuro: hacia una educación compleja, *Itinerario Educativo: Revista de la Facultad de Educación*, 28(64), 231-248.

Molina, Luzcarin, Pérez, Siulbel, Suárez, Auxifrantys, et al. (2008). La importancia de formar en valores en la educación superior, *Acta Odontológica Venezolana*, 46(1), 41-51.

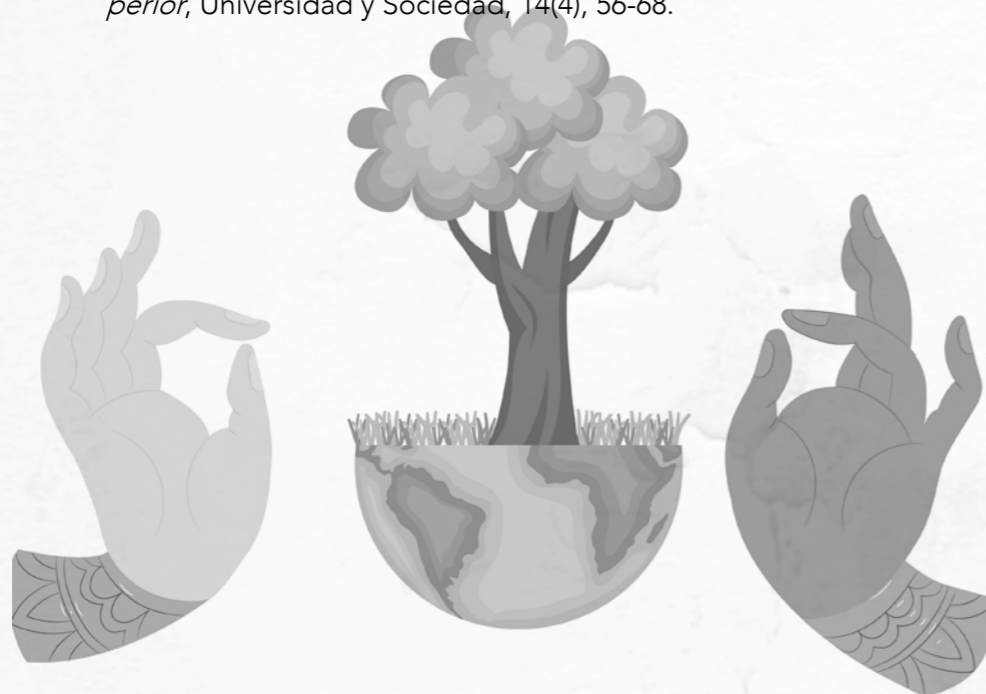
Morales, Luis C. (2014). El pensamiento crítico en la teoría educativa contemporánea, *Actualidades Investigativas en Educación*, 14(2), 591-615.

Naciones Unidas (2024). *Educación para la Ciudadanía Mundial*, <https://onx.la/c47b0>

Rigal, Luis. (2011). Gramsci, Freire y la educación popular: a propósito de los nuevos movimientos sociales, *Gramsci y la educación: pedagogía de la praxis y políticas culturales en América Latina*, 115-140.

Salas, José A. (2019). *Historia general de la educación*, México, Red Tercer Milenio.

Santana, Alpízar, y Villavicencio, María V. (2022). *Cuba desde una perspectiva regional sobre el futuro de la educación superior*, *Universidad y Sociedad*, 14(4), 56-68.



Talavera, Elvira R., y Garrido, Mario P. (2010). Las competencias socioemocionales como factor de calidad en la educación, *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(5), 82-95.

Tanaka, Michiko. (2016). *Historia documental de la educación moderna en Japón*, México, El Colegio de México, AC.

UNESCO. (2024). *Lo que hay que saber sobre la educación para la ciudadanía global*, <https://www.unesco.org/es/global-citizenship-peace-education/need-know>

Xu, Yuting, y García, Máryuri. (2021). Análisis histórico de la vinculación entre la educación superior y el desarrollo económico en China, *Revista Cubana de Educación Superior*, 40(1), 1-20.

Descarga aquí nuestra versión digital.





COLABORADORES

Adrián Martínez Meléndez

Químico farmacéutico biólogo, maestro y doctor en Microbiología, por la UANL. Profesor-investigador de tiempo completo en la FCQ-UANL, sus líneas de trabajo están enfocadas al estudio de factores de virulencia, epidemiología molecular y farmacorresistencia. Miembro del SNII, nivel I.

Argelia Almaguer Flores

Cirujana dentista, con especialidad en Periodoncia, y doctora en Ciencias (Biología Oral), por la UNAM. Realizó una estancia doctoral en el Forsyth Institute, USA. Profesora de tiempo completo en la FO-UNAM y responsable del Laboratorio de Biointerfases, orientado al estudio de la interacción material-bacterias para el desarrollo de nuevos biomateriales con aplicaciones odontológicas. Miembro del SNII, nivel II.

César Antonio Campos Ramírez

Licenciado en Nutrición, maestro en Nutrición Humana y doctor en Ciencias Biológicas por la UAQ. Profesor de la FM-UAQ. Desarrolla proyectos de investigación relacionados con los efectos adversos del alto consumo de alimentos industrializados, principalmente bebidas azucaradas y su asociación con factores psicológicos y neurofisiológicos. Miembro del SNII, nivel candidato.

Flora Cruz López

Química farmacéutica bióloga, maestra en Inmunología Médica y doctora en Microbiología por la UANL. Investigadora y docente de la FCQ-UANL. Sus líneas de investigación están relacionadas con infecciones asociadas a la atención de la salud y el proceso de colonización de pacientes hospitalizados. Miembro del SNII, nivel I.

Gina Prado Prone

Física, maestra y doctora en Ciencia e Ingeniería de Materiales (Biomateriales) por la UNAM. Realizó estancia doctoral en la Universidad de Boloña, Italia. Profesora de tiempo completo en FO-UNAM. Integrante del Laboratorio de Biointerfases de la DEPeI donde realiza investigación orientada al desarrollo de biomateriales funcionalizados para su potencial uso odontológico. Miembro del SNII, nivel I.

Guillermo Elizondo Riojas

Médico cirujano y partero y doctor en Ciencias, con especialidad en Morfología, por la UANL. Posdoctorado en Investigación en Radiología por el Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston, Massachusetts. Miembro de la Sociedad Radiológica de Norteamérica y del SNII, nivel I. Director de Investigación de la UANL.

Karla Tovar Hernández

Licenciada en Biología por la UNAM. Maestra en Ciencias Genómicas por la UACM. Técnico laboratorista en la Asociación para Evitar la Ceguera en México. Doctoranda en el Cinvestav-IPN.

Lorena Reyes Carmona

Cirujana dentista, maestra y doctoranda en Ciencias Médicas, Odontológicas y de la Salud por la UNAM. Realiza investigación orientada al estudio de nanomateriales con propiedades antibacterianas y antivirales para su potencial uso médico y odontológico en el Laboratorio de Biointerfases de la DEPeI-UNAM.

María Guadalupe López Velázquez

Licenciada en Nutrición y maestra en Ciencias en Neurometabolismo, por la UAQ. Educadora en diabetes por la Federación Mexicana de Diabetes, A.C., y la Universidad Anáhuac. Doctoranda en Ciencias en Biomedicina en la UAQ. Realiza investigación acerca de los microARNs como biomarcadores en la diabetes tipo 2.

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.

Mariela Flores Cruz

Licenciada en Ciencias del Ejercicio Físico por el ITSon. Maestra en Actividad Física y Deporte con orientación en Alto Rendimiento Deportivo por la UANL. Doctoranda en Ciencias de la Cultura Física en la UANL. Ha colaborado como docente en la UAEM.

Marina Medina Corrales

Licenciada en Ciencias del Ejercicio por la UANL. Máster en Alto Rendimiento Deportivo por la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. Docente en la FOD-UANL. Su línea de investigación versa sobre evaluación y control del rendimiento deportivo. Miembro del SNII, nivel candidata.

Matilde Ruiz Cruz

Egresada de la Facultad de Medicina-La Salle. Oftalmóloga en la APEC México con dos altas especialidades: cirugía de vítreo/retina y enfermedades inflamatorias oculares. Maestra en Ciencias Médicas por la UNAM. Jefa de Investigación-APEC, y profesora en la UNAM. Sus líneas de investigación incluyen el análisis molecular de diferentes enfermedades oculares. Miembro del SNII, nivel I.

Myriam Zarái García Dávila

Maestra en Actividad Física y Deporte, con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo, y doctorado en Ciencias de la Cultura Física por la UANL. Su línea de investigación es el alto rendimiento deportivo. Miembro del SNII, nivel I.

Nadia Flores Huerta

Química bióloga parasitóloga por la UAGro. Realizó estancia posdoctoral en Epigenética y Células Madre de Cáncer en la UACM. Doctora y maestra en Ciencias por el Cinvestav-IPN. Realiza investigación en patogénesis molecular de enfermedades infecciosas y en la relación hospedero-parásito analizando biomarcadores proinflamatorios en pacientes con obesidad.

Nicolás Camacho Calderón

Médico cirujano por la UNAM, con especialidad en Pediatría Médica y en Cardiología Pediátrica. Maestro en Ciencias Médicas y doctor en Ciencias de la Salud. Profesor-investigador y jefe del área Investigación y Posgrado de la FM-UAQ.

Rosa María Cruz Castruita

Doctora en Ciencias de Enfermería, certificada en el área de Exercise is Medicine para Profesionales de Salud y Ejercicio por el American College of Sports Medicine. Integrante de las redes ESAM México, de Envejecimiento

Activo, Ejercicio y Salud/Healthy-Age, Cuerpo Académico, Actividad Física y Salud, y de Estudios Latinoamericanos en Educación y Pedagogía. Docente y coordinadora de la Maestría en Actividad Física y Deporte en la FOD-UANL. Su línea de investigación es la promoción de la salud y calidad de vida a través de la actividad física en poblaciones específicas. Miembro del SNII.

Pedro César Cantú-Martínez

Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OI-ICE, y en Bioética, por la UANL. 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.

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, entendiendo 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

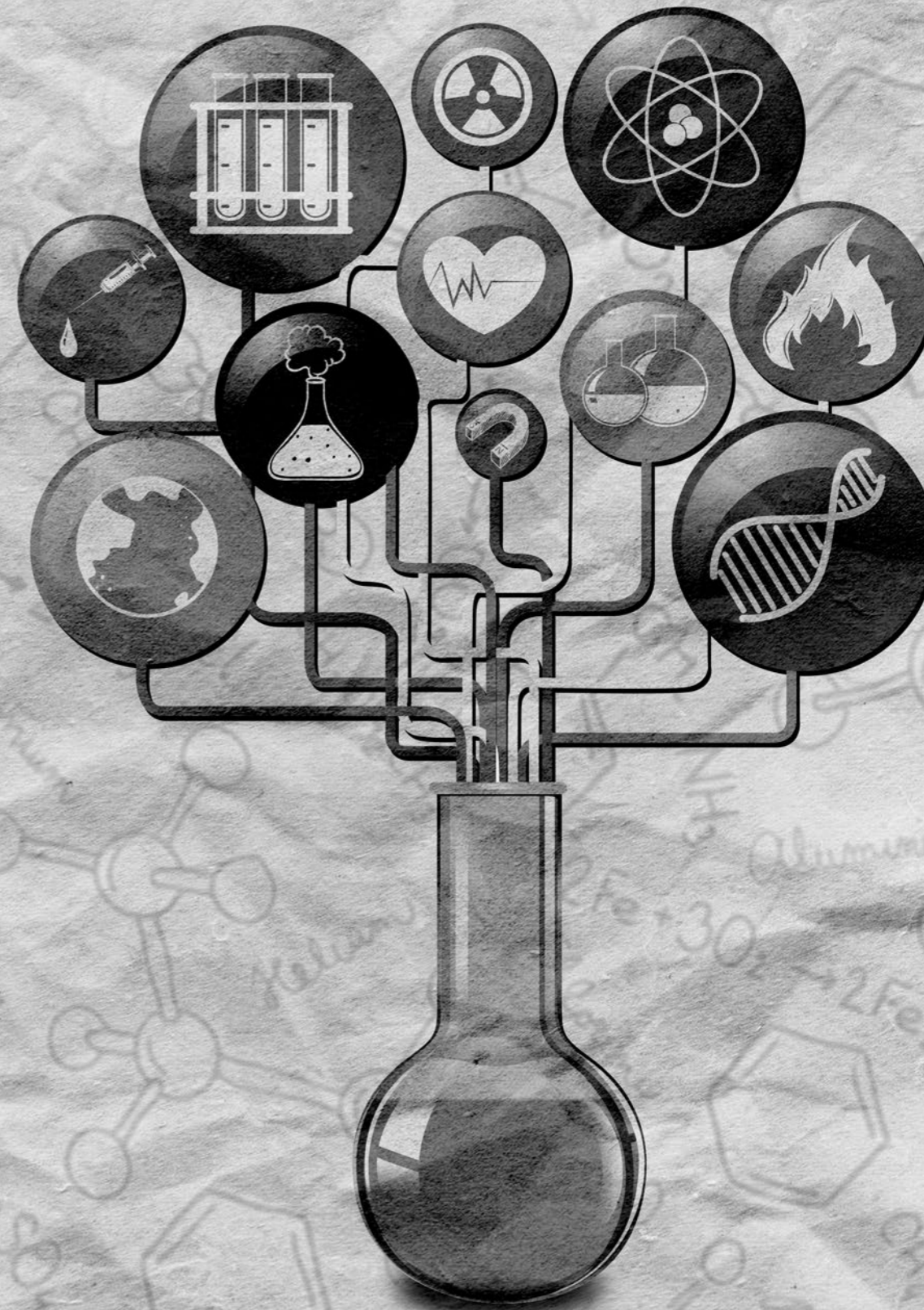
- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: <http://cienciauanl.uanl.mx/>
- Los autores deberán declarar que en el proceso de elaboración de la investigación o redacción del documento no hubo conflictos de 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



VISIÓN UANL
2040

La excelencia
por principio
la educación
como instrumento



Indexada en:

PERIÓDICA
Biografía Latinoamericana

biblat
Biografía Latinoamericana

Actualidad Iberoamericana
Índice Internacional de Revistas



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Sistema Registral de Información
en Línea para Revistas Científicas
de América Latina, el Caribe, España y Portugal
latindex
CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMÉRICA"