



CIENCIAUANL

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



- Simbolización del cabello en la muñeca Lele
- Geomática aplicada en la ingeniería estructural
- El gran mundo de la tecnología miniatura



Año 27,
Número 124
marzo - abril 2024



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

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

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa 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 *Asistente administrativo:* Claudia Moreno Alcocer
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González *Portada:* Francisco Barragán Codina
Corrector de inglés: Mariana Sofia Saucedo Leal *Webmaster:* Mayra Silva Almanza
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 27, N° 124, marzo-abril de 2024. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236, <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, ISSN impreso: 2007-1175, 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: 01 de marzo de 2024, tiraje: 1,400 ejemplares. Fecha de última modificación: 01 de marzo de 2024

*Todas las tipografías usadas en esta edición fueron creadas por mujeres.

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

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

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

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2024

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



Significados sociales del cabello en las mujeres de Amealco y su simbolización en la muñeca Lete

Brenda Araceli Bustos García

16 OPINIÓN



El gran mundo de la tecnología miniatura

Dulce K. Becerra Paniagua, Carina Granados, Laura Oropeza Ramos

24 EJES



Un giro en la Biología: explorando los ARNs circulares y su impacto

Joséphlyn Hernández Alcántara, Adriana Domínguez Vázquez, Cynthia Gabriela Samano Salazar

36 SECCIÓN ACADÉMICA

37

**Evaluación espectroscópica de la interacción entre la avenantrami-
da-C presente en la avena y la albúmina sérica bovina**

Azucena González-Horta, María Guadalupe Quiroz-Vázquez

41

**Asociación entre comorbilidades y riesgo de sarcopenia en adultas
mayores**

Rosa María Cruz Castruita, Stephanie Denise Zambrano Ayala, Marina Medina Corrales

45

Geomática aplicada para la obtención de estados deformacionales en la ingeniería estructural

Milena Mesa Lavista, Fabiola Yépez Rincón, Karla Carolina Gutiérrez González, Yris Laura Mancilla de la Cruz, Andrea N. Escobedo

51

Los grupos funcionales en nuestra vida diaria

Sharon Rosete-Luna, Delia Hernández-Romero

56

TENDENCIAS EDUCATIVAS



Actitudes de jóvenes universitarios hacia las personas adultas mayores

Angelly Villarreal-Salazar, María Cristina Enríquez-Reyna, Perla Lizeth Hernández-Cortés

64

CURIOSIDAD



Amibas de vida libre: microorganismos patógenos potencialmente mortales para el humano

Paula Guzmán-Téllez, Nadia Flores-Huerta

74

CIENCIA DE FRONTERA



Los trasplantes como oportunidad para una nueva vida, la carrera médica de la doctora Marlene Santos Caballero

María Josefa Santos-Corral

80

SUSTENTABILIDAD

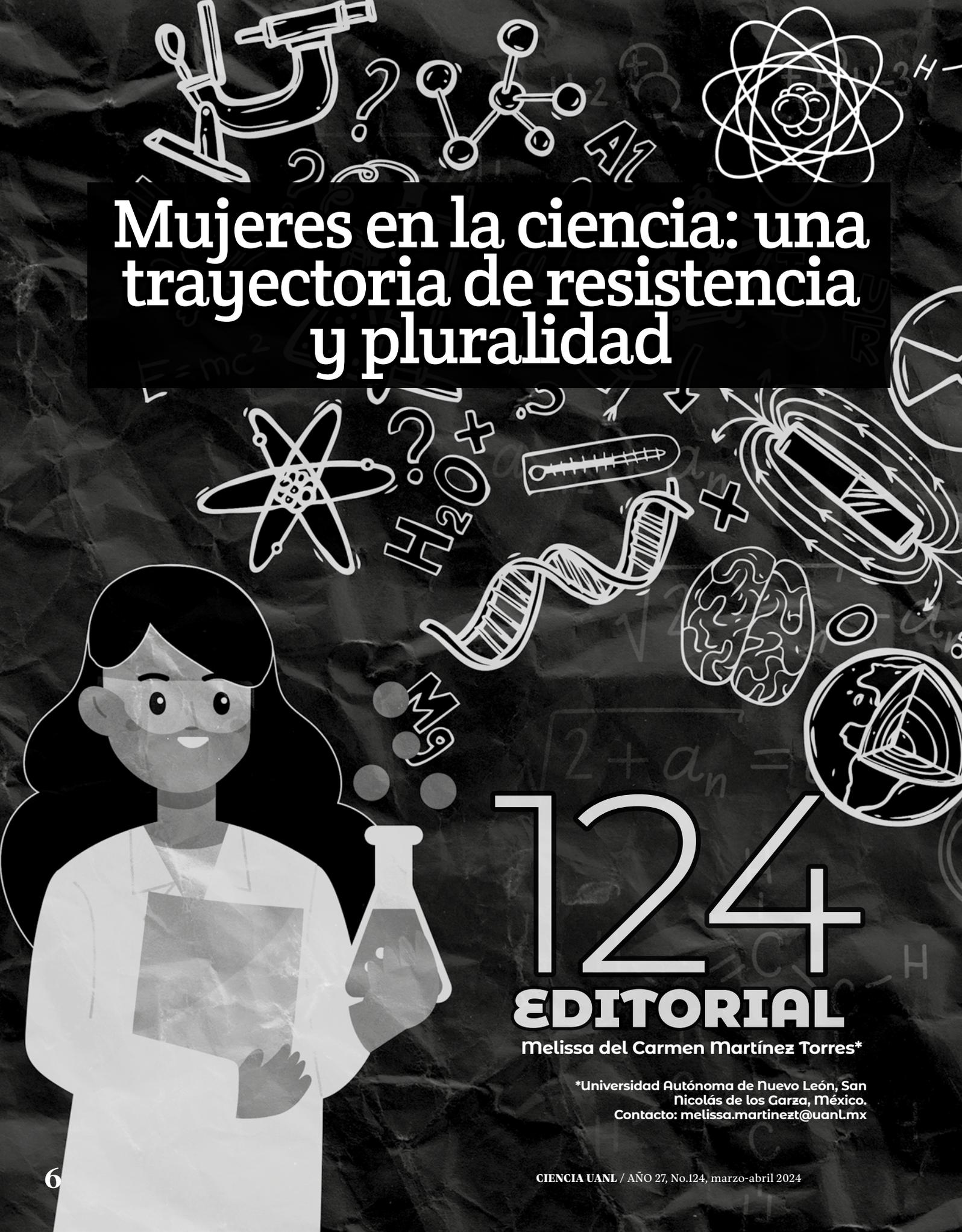


La expansión urbana (in)sustentable

Pedro César Cantú-Martínez

88

COLABORADORES



Mujeres en la ciencia: una trayectoria de resistencia y pluralidad

124
EDITORIAL

Melissa del Carmen Martínez Torres*

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

En los últimos años hemos sido testigos de avances significativos en la participación de las mujeres en el ámbito científico, con lo que se ha marcado una nueva era de inclusión y diversidad en la búsqueda del conocimiento. Sin embargo, aún enfrentamos desafíos persistentes que requieren una atención continua y un compromiso renovado con la igualdad de género.

Históricamente, las mujeres han desafiado las barreras que limitaban su acceso y reconocimiento en el mundo científico. Roles de género, falta de modelos a seguir y discriminación son sólo algunos de los obstáculos que han detenido el progreso de muchas que aspiraban a contribuir al avance del conocimiento. Pero hoy, a pesar de estos desafíos persistentes, las mujeres están rompiendo esas barreras y dejando una impronta indeleble en la ciencia moderna.

Sin duda alguna, uno de los cambios más alentadores es el aumento en la visibilidad femenil en posiciones científicas destacadas. Desde los estudios simbólico-culturales hasta la microtecnología, las mujeres demuestran que la excelencia en la investigación no tiene género.

En *Ciencia UANL* nos alegra ser parte de este avance, de este camino colectivo que visibiliza, promueve y divulga la importante labor que hacen las científicas, especialmente las mexicanas. En nuestro caso, las convocatorias para los números de Mujeres en la Ciencia han tenido un recibimiento histórico, tan sólo el año pasado nos vimos en la necesidad de implementar una nueva metodología para el proceso editorial debido al extraor-

dinario recibimiento que tuvimos de la comunidad. Los artículos que por falta de espacio no fueron incluidos en la edición de marzo-abril 2023, fueron acogidos en los números temáticos subsiguientes, logrando así -a cuatro años de nuestro primer número de Mujeres en la Ciencia- la paridad de género en la publicación.

Estoy convencida de que la diversidad de perspectivas es un motor para la innovación que aporta una riqueza de enfoques y soluciones a los desafíos que enfrenta la humanidad. La ciencia es más fuerte y más efectiva cuando se nutre de la variedad de experiencias y talentos que aportan los distintos tipos de personas. Por lo cual, la igualdad de género en la ciencia no es sólo un objetivo ético, sino una necesidad pragmática para aprovechar plenamente el potencial humano. La participación de las mujeres en la ciencia es más que una cuestión de justicia social, es una cuestión de eficiencia y excelencia científica.

Desde este espacio editorial celebremos los logros alcanzados; no obstante, mantenemos la mirada en el horizonte de la igualdad total. La ciencia moderna debe ser un espacio en el que todas las mentes brillantes tengan la oportunidad de contribuir y donde la innovación florezca sin restricciones de género. El futuro de la ciencia es diverso, depende de todas y todos asegurar que sea verdaderamente inclusivo.

Este número es de ustedes, las que han resistido y luchado por cada espacio, cada investigación, laboratorio, campo, artículo, libro... Gracias, sepan que están haciendo camino para todas al andar.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Significados sociales del cabello en las mujeres de Amealco y su simbolización en la muñeca Lele

Brenda Araceli Bustos García*
ORCID: 0000-0002-4712-4874

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-1>

Desde 2016 he realizado una intervención social en la Cruz Rosa Monterrey, albergue para mujeres que viajan a la ciudad con el objetivo de recibir tratamientos de quimio/radioterapia. En ella he identificado varios de los momentos más dolorosos y traumáticos asociados a esta experiencia, en este artículo me ocuparé en la pérdida del cabello. Sin duda un momento de duelo en el que la aflicción, el dolor, el sufrimiento y la angustia se hacen presentes.

El pelo ocupa un lugar central en los imaginarios sociales sobre la construcción de la femineidad. Preponderancia que, sin embargo, ha pasado desapercibida en la sociología del cuerpo, de la cultura y en una buena parte del feminismo. En contrapartida, en el arte y la criminología existen algunos abordajes.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
Contacto: BRENDA.BUSTOSGRC@uanledu.mx



Bajo este contexto han surgido las siguientes preguntas: ¿qué significado tiene el cabello en nuestra sociedad para que su pérdida genere aflicción y sufrimiento?, ¿qué lugar ocupa en los estudios del cuerpo? Y es que la aflicción, dolor, sufrimiento y angustia que genera no pueden ser comprendidos sin antes entender las simbolizaciones y significados asociados a éste. A través del programa Paicyt 2022, del cual este artículo deriva, he podido iniciar una investigación sobre la temática. En el mismo presentaré la revisión bibliográfica y esbozos de entrevistas realizadas en Querétaro.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS ESTUDIOS SOCIALES DEL CUERPO

En la actualidad, el cuerpo ha tomado gran relevancia en investigaciones de las Ciencias Sociales (Corbin, Courtine y Vigarello, 2005) en las que se le circunscribe a marcos de significaciones socialmente construidas. Rebasando las concepciones meramente biologicistas. Y es que en el cuerpo se incardinan e inscriben las normas y reglas sociales, que Foucault denomina biopoder (1979).

Éste, agrega el autor, funciona como control-estimulación. Por su parte, el antropólogo Le Breton (2002) considera que es el medio de constitución identitaria de las personas. Estableciendo, además, su individuación. Un punto de coincidencia entre los autores mencionados es la explicación sobre que aun aquellos gestos y movimientos más espontáneos responden a normas sociales. Las investigaciones apuntan hacia la construcción de una estética hegemónica en la que los cuerpos que la incumplan serán considerados anormales. Es importante señalar que aunque recientemente

En la actualidad, el cuerpo ha tomado gran relevancia en investigaciones de las Ciencias Sociales (Corbin, Courtine y Vigarello, 2005) en las que se le circunscribe a marcos de significaciones socialmente construidas. Rebasando las concepciones meramente biologicistas. Y es que en el cuerpo se incardinan e inscriben las normas y reglas sociales, que Foucault denomina biopoder (1979).

se han iniciado algunos trabajos cuyo objetivo es el rostro y la piel; los estudios sobre el cuerpo siguen considerándolo, en general, como un todo, de forma que no se particulariza en sus partes. Ello a pesar de que la industria de la moda y la belleza cada vez avanzan en la normativización de labios, párpados, cejas, pestañas, uñas y cabello. Convirtiéndoles en marcadores culturales de belleza.

EL CABELLO DE MUJERES: CONSTRUCCIÓN Y CONSTITUCIÓN DE UN SÍMBOLO DE LO FEMENINO

En términos generales, el símbolo, según el diccionario de la Real Academia Española, refiere a la materialización de ideas, creencias y valores. En la Antropología, según Tristán (2007), busca comunicar mensajes sociales. En este sentido, Bornay (2021) apunta que ha sido utilizado como un emblema de feminidad en la poesía y las artes. La autora realiza un análisis sobre los mensajes que, a lo largo de la historia, ha comunicado; plantea que en una gran parte de las pinturas se vincula la cabellera femenina con la sexualidad, ésta puede generar atracción y convertirse en objeto del deseo masculino. Además, puntualiza que es la perspectiva de los pintores, por lo que la considera una construcción patriarcal.

Es importante apuntar que otra fuente de significación de esta parte se encuentra en la religión. En ésta se le simbo-



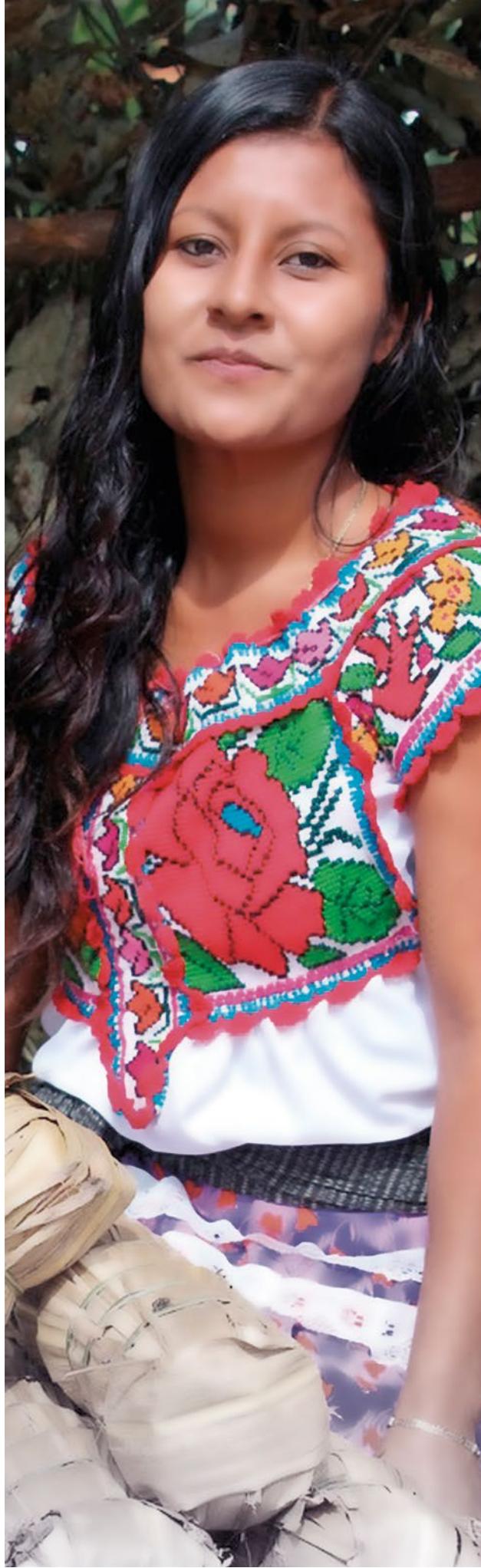
liza como incitadora al pecado. De ahí que su exposición haya sido tabuizada. Recomendado el uso de velos, mantas o mantillas al orar o encontrarse en la iglesia. Esta tabuización se repite en algunas culturas en las que trenzarlo o "recogerlo" es una forma de evitar su exhibición. Y es que, apunta Aristizábal (2007), utilizar el cabello suelto es considerado una especie de desnudez. De ahí que entre las mujeres musulmanas y en la ortodoxia judía cubrirlo no se vea limitado al momento de orar, sino que debe ser a diario. Unas con las hijab y con un pañuelo o peluca las otras.

Además, las formas de utilizarlo, en algunas culturas y épocas, denotan el estado civil de la mujer: las solteras lo usan suelto mientras que las casadas recogido. Finalmente, debo señalar que existe un debate entre considerar si es una parte o extensión del cuerpo (Álvarez, 2018), o si tiene validez por sí mismo (Bornay, 2021).

LA MUÑECA LELE: SIMBOLIZACIONES DEL CABELLO EN MÉXICO

Caminar por las calles de Querétaro implica observar la centralidad que la muñeca Lele tiene en la cotidianidad. Y es que recientemente se dio resolución favorable a las querretanas sobre disputas por su autoría. La muñeca ha rebasado fronteras y se ha convertido en un icono cultural mexicano. Presentaré algunos avances de entrevistas realizadas en octubre de 2022, en la ciudad de Querétaro. Conoceremos los discursos de Marisol, de 18 años; María, de 44, y Milagros, de 72. Todas habitantes de Amealco, quienes visitan la ciudad con el fin de comercializar sus artículos. Es importante señalar que los nombres son ficticios para respetar el anonimato.

Las entrevistas se realizaron en sus puestos de venta, a ras de piso. Las tres mujeres coincidieron en que en su comunidad las muñe-



cas tienen larga data. Si bien al inicio eran hechas como entretenimiento de las niñas, con el tiempo descubrieron que podía ser una fuente de ingresos. En sus orígenes, en su hechura se utilizaban los materiales disponibles: trapos e hilos que sujetan y dan forma. Aunque –apunta Marisol– eran sencillas, fueron aceptadas. Marisol se jacta de que su abuela se encontraba entre el grupo de pioneras en la comercialización y popularización de las muñequitas. Así que son varias las generaciones de mujeres de su familia las que se han dedicado a la venta. Actualmente, en el caso de Marisol, los esposos las acompañan e incluso han reclamado la elaboración de muñecos. Así lo menciona, también, Milagros, cuyo conyuge los fabrica con sombrero, a la usanza de los hombres del pueblo.

Marisol, María y Milagros coinciden en que las muñecas son hechas a semejanza de las mujeres de la comunidad. Vestidas, adornadas y con rasgos faciales como los de ellas. El pelo no es la excepción, ya que tiene el mismo largo y se les peina como el de ellas: con un par de trenzas. Aunque difieren en si éste aún sigue siendo largo entre las jóvenes. Marisol considera que cobra especial importancia en su comunidad. Y, aclara, no se les obliga a traerlo largo sino que ellas lo dejan crecer por gusto. Así ha sido su caso ya que, comenta con orgullo, en sus dieciocho años de vida tan sólo una vez lo ha cortado. Y esto porque fue una exigencia de la escuela que aún le genera dolor.

Por su parte, María y Milagros consideran que el uso del cabello largo sólo se reserva para las generaciones pasadas. De forma que son las "abuelas" quienes siguen peinándose con las trenzas tradicionales. Mientras que las jóvenes desprecian ese pasado por un estilo moderno. Asimismo, se lamentan de que el suyo sea corto y escaso. En la primera debido a que, desde muy chica, no le crece y lo tiene maltratado; en la segunda, por el paso de los

años. Si bien ambas sienten dolor, es María –por su edad– quien menciona la búsqueda e inaccesibilidad a tratamientos de cuidado y reparación. Mientras Milagros aduce que la hechura de muñecas Lele “abuelas” –con el pelo canoso– se relaciona al envejecimiento que ha tenido la generación que inició con su venta.

Según Marisol, en el cabello se pueden percibir rasgos identitarios de las mujeres. Particularmente su carácter emotivo. Si éste es grueso denota un carácter fuerte. Mientras que aquéllas con “sentimientos blanditos, lo tienen lacio y poquito (se refiere a la abundancia)”. Un significado más que la joven le atribuye se encuentra relacionado a la salud, expresado en una serie de mitos, leyendas y cuentos tradicionales. En su comunidad, se señala que las canas son producidas por enfermedades o el carácter enojón. Finalmente, las tres apuntan que el cabello que se cae no debe tirarse al piso o la basura ya que puede ser utilizado por personas “malas” que realizan brujería. Situándolo como transmisor de energía o vibras.

A FORMA DE CONCLUSIÓN

Debemos resaltar que los significados del cabello han sido contruidos por los hombres ya que son sus narraciones las aceptadas y divulgadas. Situación que no aplica en las mujeres de Amealco, quienes ante las crisis económicas enfrentadas encontraron en la elaboración de muñecas no sólo una forma de subsistencia, sino de narrar y expresar la importancia que tiene éste en sus comunidades. Asimismo, sus connotaciones fluctúan entre la represión y la liberación.

En nuestro país los significados impuestos por la colonización son los que perviven en los pueblos originarios. Construyendo como símbolo de la belleza mexicana, nacionalista, el cabello largo, negro y lacio. De ahí que para aquellas mujeres, tanto de pueblos originarios como de

fuera, que lo pierden, ya sea por edad o por enfermedad, signifique un golpe a la feminidad dañando la autoconfianza y autoestima, convirtiéndole en una forma de agresión o violencia que pasa desapercibida en la cotidianidad.

REFERENCIAS

Álvarez, Sofía. (2018). *Construcción simbólica de la identidad de la mujer peruana a través del cabello*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid-Facultad de Bellas Artes.

Aristizábal, Patricia. (2007). Eros y la cabellera femenina. *El hombre y la máquina*, 28, 116-129.

Bornay, Erika. (2021) *La cabellera femenina*. Ediciones Cátedra: Madrid.

Corbin, A., Courtine, J., y Vigarello, G. (2005). *Historia del cuerpo. Volumen 1. Del Renacimiento al Siglo de las luces*. Madrid: Taurus.

Reyes, Nayeli (3 de agosto de 2019). Ellas se rebelaron contra el cabello largo. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/mochilazo-en-el-tiempo/ellas-se-rebelaron-contra-el-pelo-largo/>

Foucault, M. (1979). *Microfísica del poder*. Ediciones La Piqueta: Madrid.

González, E. (2012). *Las rapadas: el franquismo contra la mujer*. Madrid: Siglo XXI.

Le Breton, D. (2002). *Antropología del cuerpo y modernidad*. Buenos Aires: Nueva Visión.



Prestes, Luciana. (2019). Construyendo nuevos paradigmas socioeducativos e identitarios: el cabello como representación de lucha y reconocimiento de la mujer afrodescendiente. *Creativity and Educational Innovation Review*, 3, 75-85. <https://doi.org/10.7203/CREATIVITY.3.16289>

Scribano, A. (2013). *Encuentros creativos expresivos: una metodología para estudiar sensibilidades*. Buenos Aires: Estudios Sociológicos Editora.

Tristán, J., Ruiz, F., Villaverde, Carmen, Maroto, Rosa María, Jiménez, Sylvia Alejandra, Tristán, M. Rosario. (2007). Contenido simbólico de la bata blanca de los médicos. *Gazeta de Antropología*, 23, 37-45.

Recibido: 05/12/2022.
Aceptado: 29/09/2023.

[Descarga aquí nuestra versión digital.](#)





Opinión



El gran mundo de la tecnología miniatura

Dulce K. Becerra-Paniagua*, Carina Chávez Granados*, Laura Oropeza-Ramos*
ORCID 0000-0002-7311-3204

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-2>

* Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
Contacto: dkbp@ier.unam.mx, carinahalley0@gmail.com, loropeza@unam.mx

Muchos de nosotros hemos escuchado la palabra microtecnología quizá en anuncios publicitarios de ropa, cosméticos, alimentos, electrodomésticos, medicamentos, entre otros. El prefijo *micro* proviene del vocablo griego “μικρός” (*mikros*) que significa pequeño, por lo tanto, su concepto se refiere a la tecnología que nos permite construir sensores, actuadores y electrónica con elementos que están en el límite de lo que podemos ver a simple vista. El término micrómetro, también llamado micrón o micra, es una unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro, es decir, tiene un valor de 10^{-6} metros, igual a 1 micra (μm). Por ejemplo, el diámetro de un cabello humano mide alrededor de 80 micras, y la *E. coli*, una de las bacterias más conocidas que vive en el intestino humano, mide aproximadamente 0.5 micras de diámetro por 2 de largo; el tamaño de las células sanguíneas oscila entre 5 y 20 micras (Barhoum *et al.*, 2022). Éstas son las escalas en las que se encuentra la microtecnología (figura 1) y pueden observarse mediante un microscopio óptico convencional.

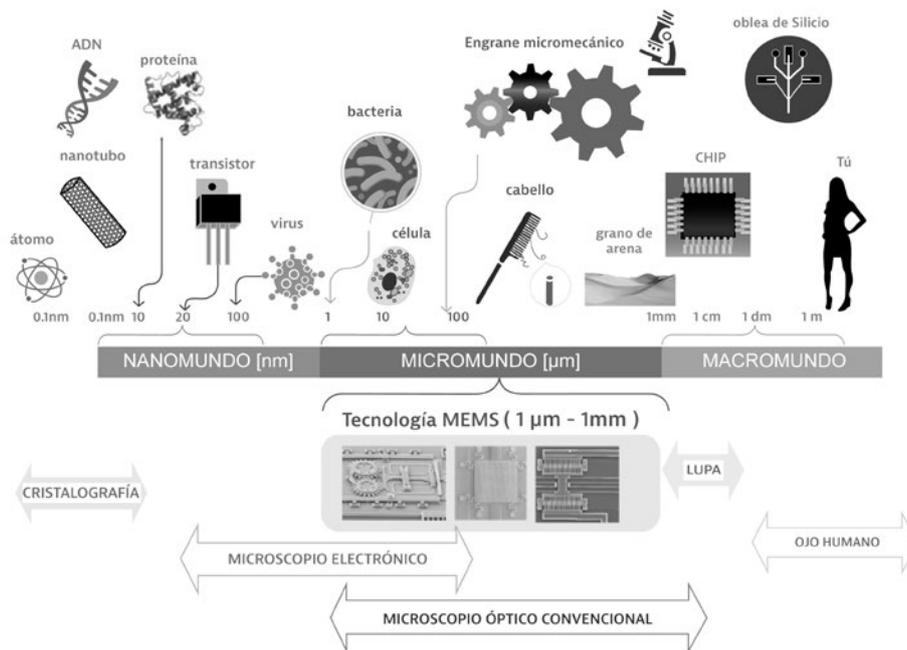


Figura 1. Un vistazo al universo micrométrico.

INICIOS DE LA MICROTECNOLOGÍA

La microtecnología tiene su antecedente a partir de la revolución electrónica, la cual surgió por los avances en la tecnología de semiconductores que se hicieron a inicios de la década de los cincuenta. En particular, por la invención del primer transistor patentado en 1948 por los estadounidenses Walter Houser Brattain, John Bardeen y William

Shockley de los Laboratorios Bell-Centro de Investigación de la compañía AT&T; éste consistía en una fracción de germanio (elemento químico semiconductor) con tiras.

El invento sentó las bases de la microelectrónica y mejoró en gran medida los bulbos de vacío como elementos de control, generación y amplificación de señales eléctricas. Estos científicos recibieron el Premio Nobel de Física en 1956 y los sucesores de este primer avance revolucionaron la microtecnología (Arns, 1998).

Años más tarde se desarrolló con éxito otra histórica invención que consistió en el primer circuito integrado (CI) con base en semiconductores, patentado en 1959 por el ingeniero Jack S. Kilby, en Texas Instruments, que consistía de transistores, resistencias y condensadores (Kilby, 2000). La apariencia del circuito era tan diminuta que lo apodaron como se les conocen a las astillas o a los “pedacitos de algo” en inglés: *chip*. No fue sino hasta 2000 que Kilby fue galardonado con el Premio Nobel de Física, ya que a menudo el reconocimiento a las hazañas de ingeniería es tardío o controversial (Madou, 2011). Los CI vendidos en 1960 sólo poseían ciertos dispositivos por *chip* y medían unos cuantos milímetros. Ahora un CI típico tiene miles de millones de instrumentos de este tipo y alcanzan dimensiones de nanómetros (Saxena, 2009).

SEMICONDUCTORES Y LA ELECTRÓNICA

Es importante mencionar que hoy en día el semiconductor más utilizado en la industria es el silicio (Si), uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, representando 27.7% de su totalidad (RCS, 2023). Los semiconductores comúnmente son usados por su capacidad de comportarse como aislantes o conductores (impidiendo o permitiendo el paso de una corriente eléctrica). Esta capacidad facilitó el surgimiento del transistor, la estrella de las operaciones electrónicas que ayuda a controlar el flujo de electrones. Los transistores han contribuido así al diseño de circuitos de tamaño reducido, ya que, usados en conjunto, sirven para calcular datos y procesar información. Es por ello que se encuentran en todos los equipos y plataformas tecnológicas: computadoras, celulares y televisiones, que a su vez confieren el acceso a redes sociales vinculadas a Internet (Facebook, Instagram, WhatsApp, Telegram, Twitter, etcétera), a contenidos en plataformas: HBO, Netflix, Prime, entre otros. En pocas palabras, sin el transistor el Internet no existiría, por eso se le considera el invento más importante del siglo XX.

Los transistores se encuentran dentro de todos los *chips* que hacen más fácil, cómoda y sencilla la tecnología actual, desde electrodomésticos, automóviles, hasta naves espaciales, tarjetas bancarias, entre otros. Un *chip* es un paquete de mecanismos microelectrónicos incorporados en una única pieza de un semiconductor que trabajan

en conjunto para ejecutar una tarea específica o una serie de éstas. Los actuales tienen un tamaño de unas cuantas decenas de milímetros cuadrados y están compuestos por miles de millones de transistores, ¿te imaginas el tamaño de éstos?, es decir, no los podemos ver a simple vista, ni con un microscopio óptico convencional. Los más pequeños miden decenas de nanómetros, ¡del tamaño de un virus o una proteína! (figura 1).

MICROSISTEMAS ELECTROMECÁNICOS (MEMS)

Los microsistemas electromecánicos (MEMS, por su acrónimo en inglés) son pequeños aparatos (a escala microscópica) que combinan componentes mecánicos y eléctricos. Se fabrican utilizando técnicas compartidas con las empleadas para producir lotes de circuitos integrados, y pueden variar en tamaño desde unos pocos micrómetros hasta milímetros. Éstos tienen la capacidad de detectar, controlar y accionar señales en la escala micro, y generar efectos en la macro (la nuestra) (Zhu *et al.*, 2020).

Los MEMS consisten principalmente de un conjunto de microsensores y microactuadores incorporados en el mismo chip de Si. Ambos componentes se clasifican como transductores que convierten la energía de una forma a otra, por ejemplo, eléctrica en mecánica. Esta transducción puede servir para detectar características físicas o ambientales: presión, temperatura, aceleración, vibración, etcétera, y la reportan como una variable eléctrica: voltaje (sensores). O bien, transforman un tipo de energía en otra para generar una acción, que por lo común es movimiento (actuadores).

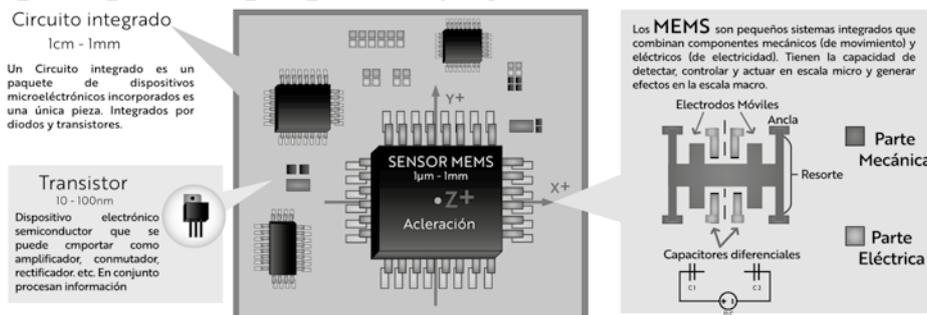


Figura 2. Infografía sobre transistor, circuito integrado y dispositivo MEMS (acelerómetro).

MINIATURIZANDO POR MEDIO DE LUZ

En las industrias de los circuitos integrados y de la tecnología MEMS se miniaturizan los componentes a tamaños asombrosamente pequeños mediante el proceso denominado fotolitografía. Esta palabra proviene del griego *photo* (luz), *lithos* (piedra) y *gráphein* (escribir), que signifi-

ca grabar con luz en la piedra, en este caso en una pieza de un semiconductor (Madou, 2011). Así, hablamos de un proceso que usa luz para definir patrones muy precisos en una superficie.

La producción de MEMS comparte técnicas convencionales de fabricación de circuitos integrados como la fotolitografía, deposición de películas y grabado de materiales o micromaquinado (figura 3a) que permiten definir estructuras 2D y 3D.

El proceso de fotolitografía involucra un conjunto de pasos consecutivos, pero en términos generales consiste en la transferencia de un patrón geométrico a una resina fotosensible depositada sobre una oblea o sustrato de semiconductor, por medio de la exposición selectiva de luz. Ésta se logra irradiando luz vía una máscara que tiene definido el diseño del circuito integrado o del MEMS mediante partes opacas que bloquean la luz y sectores transparentes que la dejan pasar (figura 3b).

Los trazos definidos de esta manera en la máscara permiten delimitar los elementos que componen al MEMS, por ejemplo, las zonas que conforman los microsensores, microactuadores, transistores, sus interconexiones, entre otras. Este proceso utiliza luz para transferir un patrón geométrico de una fotomáscara a una resina química fotosensible (es decir, sus propiedades cambian al ser irradiadas por luz) depositada en el sustrato. Luego, una serie de tratamientos químicos graba el patrón de exposición en éste (Madou, 2011). La fotolitografía comparte algunos principios fundamentales con el revelado de fotografías antiguas, en el cual la formación de la imagen “positiva” se realiza a partir de irradiar luz sobre los “negativos” (rollo fotográfico) que se va a proyectar a su vez en el papel (el cual es celulosa con un recubrimiento fotosensible a base de plata), para que después de un proceso químico de revelado la imagen se registre en color o en blanco y negro.

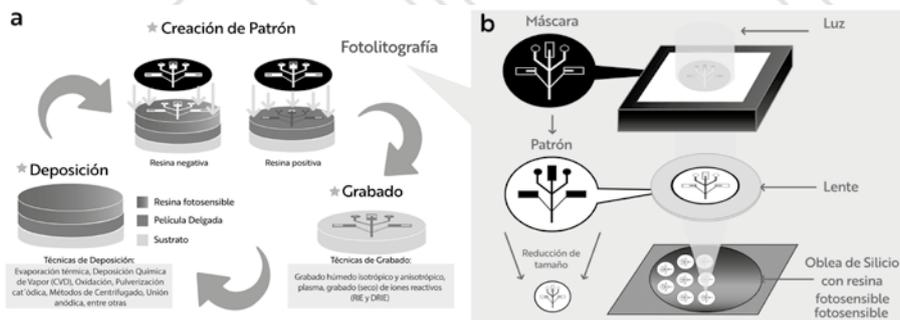


Figura 3. Diagrama básico de flujo de fabricación de MEMS (izquierda) y proceso de Fotolitografía (derecha).

MEMS EN TU TELÉFONO INTELIGENTE

¿Alguna vez te has preguntado cómo tu celular puede detectar el movimiento cuando lo estás mirando horizontal o vertical, y girar la pantalla en forma automática? Los acelerómetros son un tipo de microsensores MEMS que se encuentran en él, y permiten al usuario ajustar la orientación de la pantalla según la posición del dispositivo. Probablemente estés familiarizado con las palabras “acelerar” para describir algo que se desplaza cada vez más rápido, o “desacelerar”, cuando avanza más lentamente (Finio, 2019). La aceleración se determina por la segunda ley de Newton, que vincula fuerza, masa y aceleración, ese decir, $\text{aceleración} = \text{fuerza}/\text{masa}$. Entonces, la aceleración es proporcional a la cantidad de fuerza que necesitamos para mover un objeto.

El acelerómetro que se encuentra en tu teléfono inteligente detecta el movimiento en línea recta del equipo. Este tipo de aparatos contienen acelerómetros incorporados y tienen una estructura interna parecida a la que aparece en la figura 4. Cuentan con una masa móvil, que es un esquema en forma de H, con placas de sensado capacitivo que se extienden desde ella. La masa es móvil ya que está suspendida por vigas que hacen la función de resortes y que se ajustan al sustrato en ambos extremos, lo que le permite realizar una especie de vaivén. Los electrodos son estructuras fijas en el sustrato y permanecen estáticas, a diferencia de la masa móvil que se sacude con el ajetreo. La masa móvil y las terminales juntas forman un cuerpo similar a un peine o capacitor de placas paralelas que se utiliza para detectar el cambio. En un teléfono inteligente, el acelerómetro se mueve junto con el aparato en el que está instalado. La masa de prueba del acelerómetro se desliza cuando el armazón se desplaza a su alrededor. Esta mudanza depende de cuánto se incline o gire el equipo.

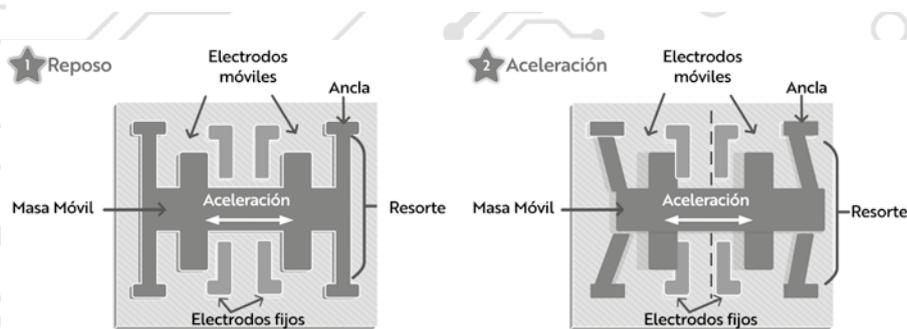


Figura 4. Estructura interna de un acelerómetro MEMS en un teléfono inteligente.

Hoy en día se utiliza una gran cantidad de MEMS dentro de teléfonos, relojes inteligentes, proyectores y monitores de actividad física, entre otros. Éstos son los responsables de conceder la inteligencia a este tipo de artefactos, ya que los sensores adquieren información del ambiente y los elementos en el *chip* la procesan. Por lo tanto, un sistema completo consiste en la electrónica integrada que proporciona la parte pensante, mientras que los componentes MEMS complementan esta inteligencia con funciones activas de percepción y control.

CONCLUSIONES

Los microsistemas MEMS son una tecnología emergente que ha logrado transformar los sistemas mecánicos y electromecánicos grandes tradicionales en dispositivos miniatura que permiten mejorar el rendimiento de los consumibles electrónicos. Ya que combinan sus capacidades de recoger información del ambiente y procesarla mediante circuitos integrados, desarrollando así herramientas portátiles que consumen menos energía, y más importante, reducen los costos ya que sus métodos de fabricación son escalables a nivel industrial, semejante a lo que las tecnologías de circuitos integrados y semiconductores han hecho con los sistemas electrónicos. El impacto de la tecnología miniatura ha sido tal, que hoy en día existen más teléfonos inteligentes que personas en el mundo (Richter, 2023).

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico-Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM) por la beca posdoctoral otorgada a Dulce K. Becerra-Paniagua, y por el proyecto PAPIIT IT10092.

REFERENCIAS

- Arns, R.G. (1998). The other transistor: early history of the metal-oxide semiconductor field-effect transistor. *Engineering Science & Education Journal*, 7, 233-240. <https://doi.org/10.1049/esej:19980509>
- Barhoum, A., García-Betancourt, M.L., Jeevanandam, *et al.* (2022). Review on Natural, Incidental, Bioinspired, and Engineered Nanomaterials: History, Definitions, Classifications, Synthesis, Properties, Market, Toxicities, Risks, and Regulations. *Nanomaterials*, 12, 177. <https://doi.org/10.3390/nano12020177>
- Finio, S.B., Ben. (2019). Science with a Smartphone: Accelerometer. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/science-with-a-smartphone-accelerometer>
- Kilby, J.S. (2000). The integrated circuit's early history. *Proceedings of the IEEE*, 88(1), 109-111.

Madou, M.J. (2011). Fundamentals of Microfabrication and nanotechnology, volume I, "Solid-State Physics, Fluidics, and Analytical Techniques in Micro-and Nanotechnology". In *CRC PRESS Taylor & Francis Group* (Vol. 1, Issue 1).

RSC-Royal Society of Chemistry, (2023). *Periodic Table*. <https://www.rsc.org/periodic-table/element/14/silicon>

Richter, F. (2023). More Phones Than Persons. *Statista*. <https://www.statista.com/chart/4022/mobile-subscriptions-and-world-population/>

Saxena, A.N. (2009). Invention of integrated circuits: untold important facts. *World Scientific*. <https://doi.org/10.1142/6850>

Zhu, J., Liu, X., Shi, Q., *et al.* (2020). Development Trends and Perspectives of Future Sensors and MEMS/NEMS. *Micromachines*. 11(1), 7. <https://doi.org/10.3390/mi11010007>

Recibido: 27/11/2022.
Aceptado: 13/09/2023.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Ejes

Un giro en la Biología: explorando los ARNs circulares y su impacto

Josephlyn Hernández Alcántara*, Adriana Domínguez Vázquez*, Cynthia Gabriela Sámano Salazar*

ORCID: 0000-0003-4833-5945

ORCID: 0000-0003-3186-4365

ORCID: 0000-0002-8909-9582



<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-3>

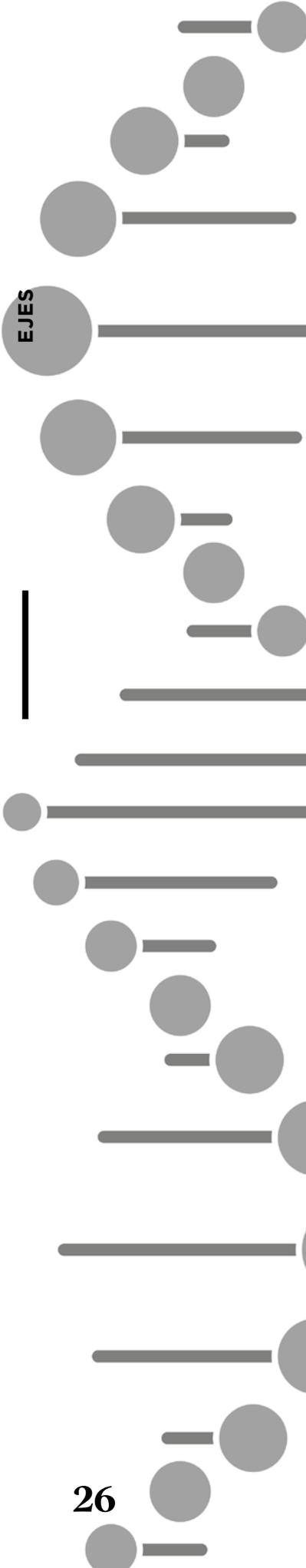
* Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa de Morelos, Ciudad de México.
Contacto: csamano@cua.uam.mx

Los avances tecnológicos en la secuenciación genómica han revelado la organización y contenido del genoma, el cual alberga una mayor cantidad de genes que codifican para moléculas de ácido ribonucleico (ARN) en comparación con los que lo hacen para proteínas. De los 63,494 genes presentes en el genoma, sólo 19,969 codifican las segundas, mientras que 27,499 lo hacen en el primero (Human, s.a.; Ezkurdi *et al.*, 2014; Nurk *et al.*, 2022).

En la actualidad, el ARN por definición es una molécula de cadena sencilla presente en todas las células vivas. Dicha molécula, de gran relevancia biológica y multifacética, juega un papel central y moderador en la expresión génica. Traduce los mensajes contenidos en los genes del ácido desoxirribonucleico (ADN), lo que lleva a la síntesis de las proteínas esenciales en el funcionamiento celular (Dai, Zhang y Zaleta-Rivera, 2020). Su importancia es tan destacada que teorías, entre ellas la del “mundo del ARN”, han sugerido que la vida en la Tierra pudo haber surgido gracias a la versatilidad de las moléculas de ARN. Aunque esto se mantiene en hipótesis, constituye uno de los pilares fundamentales en la comprensión del origen de la vida (Saito, 2022).

Es posible reconocer dos categorías principales de ARN: los codificantes y los no codificantes. Los primeros (ARNc) engloban a los mensajeros (ARNm), destinados a ser traducidos para la síntesis de proteínas. Por otro lado, los segundos (ARNnc) no se traducen en éstas. Sin embargo, su falta de producción proteica no debe subestimarse, ya que no implica que carezcan de relevancia (Zhang *et al.*, 2019). Al día de hoy, aproximadamente 99% del total de ARN se compone de ARNnc. A medida que se han ido descubriendo más ARNnc con el tiempo, ha surgido una reevaluación de su misión en el mantenimiento de la homeostasis celular (Statello *et al.*, 2021). Ahora se reconoce que son elementos activos, versátiles y altamente prevalentes en las células. Cumplen un papel fundamental en la regulación de la expresión génica y en una variedad de procesos biológicos y patológicos (Panni *et al.*, 2020). El mundo del ARN es vasto y diverso, pudiera compararse con una familia de distintos miembros que podrían ser diferenciados y categorizados según su tamaño y labor.

Según su tamaño, es posible dividirlos en pequeños (ARNncp) y largos (ARNncl). Estas moléculas se encuentran presentes en diversas especies animales y desempeñan



un papel fundamental en procesos fisiológicos y patológicos (Hombach y Kretz, 2016). De acuerdo a su actividad existen ARN no codificantes constitutivos que participan en procesos celulares esenciales (figura 1a). Por ejemplo, los ribosomales (ARNr) y los de transferencia (ARNt) contribuyen al proceso de traducción en la síntesis de proteínas (figura 1b). Además, desempeñan roles reguladores en la expresión génica al influir en la actividad de otros ARN no codificantes: los microARN (ARNmi) (Zhang *et al.*, 2019) (figura 1b).

No obstante, aún existen varios ARN no codificantes que no han sido categorizados o cuyo quehacer no ha sido completamente determinado. Dentro de aquéllos que han despertado interés recientemente se encuentran los circulares (ARNcirc). Éstos han capturado la atención de la comunidad científica debido a su origen en la circularización de fragmentos de ARN y su participación en diversas funciones celulares esenciales. Sin embargo, también intervienen en procesos patológicos, lo que los ha convertido en potenciales marcadores moleculares (biomarcadores) innovadores (Caba *et al.*, 2021; Liu y Chen, 2022).

En este artículo se destacan las características únicas de los ARN circulares, en contraste con otras moléculas de ARN. Se abordan sus actividades biológicas y patológicas, además de explorar su potencial uso e identificación a manera de posibles biomarcadores moleculares.

¿QUÉ SON LOS ARNs CIRCULARES?

Aunque los ARNcirc fueron descubiertos hace aproximadamente 30 años en plantas, el interés en ellos ha resurgido debido a que son expresados en una variedad de tejidos eucariotas y altamente conservados entre especies. A pesar de esto, su trabajo biológico sigue siendo enigmático. Son moléculas ubicuas en los mamíferos y su mecanismo de biogénesis es único, aunado a que participan en los procesos de transcripción, traducción, corte, empalme (*splicing* en inglés) y en la regulación de la expresión génica. Lo relevante es que la cumplen siendo una especie de “esponjas moleculares”, absorbiendo y secuestrando ARNmi, lo que evita que marquen ARNm que han de ser eliminados (J. Li *et al.*, 2020). A la fecha, se han identificado diferentes tipos de ARNcirc, y aunque se ha asociado su presencia con la expresión local de genes y con absorción de otros ARN (esponjas), muchas de sus tareas aún son desconocidas (Li, Yang y Chen, 2018).

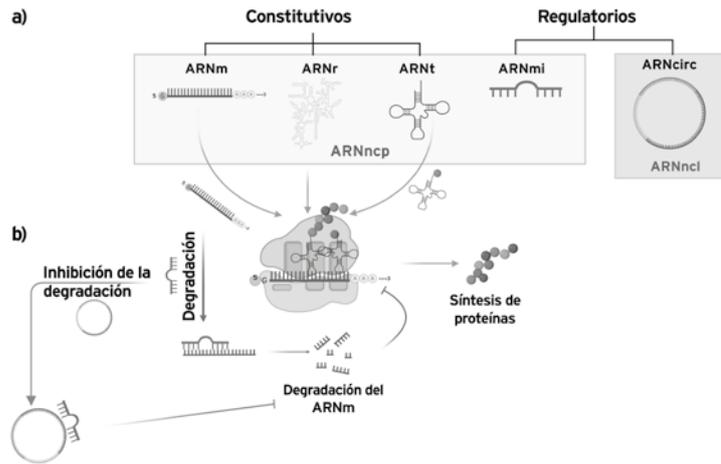


Figura 1. Clasificación de algunos ARN *a)* Según su función y tamaño: mensajeros (ARNm) y de transferencia (ARNt). Los ARN regulatorios, circulares (ARNcirc) y microARN (ARNmi) se desempeñan en procesos celulares y moleculares. *b)* La clasificación se basa en la capacidad que tienen los ARN reguladores para afectar el desempeño de los ARN constitutivos a través de su interacción, secuestro y posterior degradación. ARN de transferencia (ARNt) no codificantes pequeños (ARNncp) y largos (ARNncl) (creado con biorender.com).

BIOGÉNESIS Y ESTRUCTURA DE LOS ARNcirc

Los ARNcirc se distinguen por su estructura circular, a diferencia de otros lineales (figura 1). Antes se pensaba que eran anomalías de un proceso de corte y empalme que forma a los ARNm que participan en la síntesis proteica. Ahora se sabe que se generan mediante un mecanismo alternativo llamado corte y empalme reverso (*backsplicing*) (Nisar *et al.*, 2021). Su formación comienza cuando la célula necesita producir proteínas y transcribe los genes con el objetivo de obtener precursores de ARNm (preARNm). Éstos se someten a un proceso de empalme, eliminando los fragmentos no codificantes llamados intrones, dando lugar a ARNm maduros que se traducen en proteínas útiles.

El empalme se realiza mediante reacciones químicas entre los extremos 5' y 3' del mismo intrón, mediadas por un conjunto de proteínas llamado empalmosoma o espliceosoma. Los ARNcirc se generan a partir de las formas convencionales de ARNm y tienen un impacto en la regulación génica. Su estructura en bucle les proporciona estabilidad y resistencia a la degradación enzimática, a diferencia de los ARNm lineales

que son menos estables y más susceptibles a la degradación por ribonucleasas. Esta circularización se considera ventajosa desde una perspectiva evolutiva (Wesselhoeft, Kowalski y Anderson, 2018), pues a diferencia de los ARN lineales tradicionales en su estructura, los circulares forman un bucle cerrado debido a enlaces covalentes especiales entre los extremos. A pesar de esto, la investigación sobre su mecanismo de formación y su versatilidad estructural y funcional sigue en curso mediante estudios experimentales (Nisar et al., 2021).

DESEMPEÑO DE LOS ARNcirc: MÁS ALLÁ DE LO CONVENCIONAL

Aunque la investigación sobre ARNcirc está en curso y sigue siendo un área activa de estudio en la Biología molecular, se han propuesto varias hipótesis sobre por qué las células generan ARNcirc que regulan genes. Algunas de las razones potenciales incluyen:

- Regulación de la expresión génica: los ARNcirc actúan como reguladores de la expresión génica, ya sea inhibiendo o estimulando la traducción de proteínas a partir de ARNm lineales. Algunos ARNcirc funcionarían a modo de “esponjas” de ARNm o proteínas, atrapándolas y evitando que interactúen con los ARNm, lo que a su vez controlaría la producción de éstas (Zheng *et al.*, 2016).
- Modulación de la actividad de proteínas: algunos ARNcirc podrían interactuar directamente con proteínas específicas y modular sus funciones. Esto afectaría la actividad de éstas y, en última instancia, influiría en diversos procesos celulares (Chen *et al.*, 2018).
- Regulación de la transcripción: se ha descubierto que algunos ARNcirc influyen en la transcripción de genes al interactuar con la maquinaria de transcripción o al modificar la estructura de la cromatina. Esto tendría un impacto en la cantidad de ARNm lineal producido a partir de un gen específico (Li, Yang y Chen, 2018).
- Adaptación a condiciones ambientales cambiantes: los ARNcirc responderían a señales ambientales o condiciones celulares cambiantes. Esto permite a las células ajustar rápidamente su expresión génica en respuesta a estímulos externos o internos, lo que sería crucial en su supervivencia y adaptación (Caba *et al.*, 2021).

ALGUNOS EJEMPLOS DE ARNcirc QUE UNIFORMAN LA EXPRESIÓN GÉNICA

En la actualidad se sabe que los ARNcirc desempeñan un papel importante en la regulación de la expresión génica, y se han propuesto varios mecanismos, como la competencia en el proceso de corte y empalme y su capacidad de hacer de esponjas de ARNmi. Uno de los mecanismos que ha captado mayor atención es su potencial normalización de la actividad de los ARNm y atrapar proteínas y ARNmi relacionados con la transcripción génica. Debido a esta forma de acción se les denomina “esponjas moleculares”, ya que los ARNcirc pueden atrapar múltiples moléculas de ARNmi, lo que temporalmente inhibe ciertas tareas. A pesar de que este mecanismo es complejo y todavía se está comprendiendo en su totalidad, hay muchos detalles que aún están por descubrir (Li *et al.*, 2020).

Los ARNcirc se expresan en una variedad de tejidos, particularmente en el cerebro de diversas especies, incluyendo los seres humanos (Rybak-Wolf *et al.*, 2015), y algunos de ellos se han relacionado con el desempeño de esponja molecular, en patologías del sistema nervioso central (SNC). Un ejemplo es el CiRS-7, que interactúa con el ARNmi llamado miR-7. Esta interacción tiene un impacto en la regulación de vías de señalización relacionadas con la oncogénesis y establece conexiones en el desarrollo neuronal y en males como el Parkinson (Hansen *et al.*, 2013). En el contexto de este padecimiento, la captura de miR-7 por CiRS-7 impide que el ARNmi funcione en sus genes blanco, el caso de *snca*, el gen que codifica la proteína α -sinucleína, un componente crucial en la progresión de la enfermedad (McMillan *et al.*, 2017). Además, los ARNcirc también desempeñan una labor en la modulación de la maquinaria molecular involucrada en la metilación del ADN (Chen *et al.*, 2018).

Los ARNcirc desempeñan una tarea crucial en la promoción de procesos patológicos, uno de éstos la metástasis en diversos cánceres, al ajustar la maquinaria de metilación y desmetilación del ADN. Un ejemplo es el ARNcirc FECR1, que ha demostrado fomentar la metástasis en cáncer de mama y de pulmón (Li *et al.*, 2019). FECR1 se origina del gen *FLI1*, el cual también se sobreexpresa en modelos de cáncer de mama, promoviendo la metástasis. El mecanismo de acción de FECR1 implica el ajuste de la expresión de *FLI1*, previniendo su metilación por la proteína DNMT1 y favoreciendo su expresión al reclutar la proteína TET, que elimina grupos metilo del promotor (Li *et al.*, 2019). Dado el papel de

los ARNcirc en diversas patologías, se ha considerado esencial identificar ARNcirc específicos relacionados con estas patologías y así mejorar su diagnóstico y comprensión.

ARNcirc: POTENCIALES MARCADORES DIAGNÓSTICOS EN DIVERSAS ENFERMEDADES Y CONDICIONES PATOLÓGICAS

Los biomarcadores de diagnóstico son elementos únicos que se encuentran en condiciones y tejidos específicos y que resultan fundamentales en los dictámenes médicos. Estos biomarcadores adquieren un valor particular cuando están presentes en muestras fácilmente accesibles, como la sangre (Califf, 2018). Los ARNcirc se encuentran en abundancia en la sangre y otros fluidos corporales (saliva y el líquido cefalorraquídeo), lo que los convierte en candidatos ideales en el cumplimiento de este objetivo. Además, su estructura circular les proporciona una mayor estabilidad y resistencia a la degradación. Por esta razón se consideran prometedores biomarcadores en el diagnóstico y pronóstico de diversos malestares (tabla I): cáncer, enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares, infecciosas, metabólicas, autoinmunitarias, entre otras.

Tabla I. Algunos ARNcirc que han demostrado ser prometedores biomarcadores en cáncer y enfermedades neurodegenerativas.

ARNcirc	Patología	Expresión	Muestra de origen	Tipo de biomarcador	Referencia
hsa_circ_0000190	Cáncer de pulmón	Sobreexpresión	Sangre periférica	De pronóstico	(Luo <i>et al.</i> , 2020)
circFLII	Cáncer de pulmón	Sobreexpresión	Sangre periférica	De pronóstico	(Li <i>et al.</i> , 2019)
circ_0017204 circ_0004381	Enfermedad de Parkinson	Sobreexpresión	Sangre periférica	De pronóstico	(Zhong <i>et al.</i> , 2021)

En este contexto, los ARNcirc se han convertido en candidatos prometedores en el diagnóstico de enfermedades del SNC. Por ejemplo, en el mal de Parkinson se ha observado una disminución significativa en la expresión de ARNcirc en comparación con individuos sanos (Hanan *et al.*, 2020; Kong *et al.*, 2021). Un ejemplo es el circSLC8A1, que contribuye al estrés oxidativo en el cerebro de los pacientes con Parkinson (Hanan *et al.*, 2020). Sin embargo, la evaluación de circSLC8A1 en el tejido cerebral tiene limitaciones como biomarca-

dor. Por lo tanto, se han propuesto otros ARNcirc en la sangre periférica, es el caso de circ_0017204 y circ_0004381, capaces de distinguir entre individuos sanos y aquéllos con Parkinson, lo que los convierte en posibles biomarcadores de diagnóstico (tabla I) (Zhong *et al.*, 2021).

Por otro lado, se ha observado una expresión anómala de ARNcirc en muestras de sangre en el cáncer gástrico y pulmonar, lo que sugiere una posible asociación con la agresividad tumoral (Zhang, Yang y Xiao, 2018). Un ejemplo relevante se ha relacionado con el ARNcirc FECR1, propuesto como un biomarcador predictivo y de pronóstico en el cáncer de pulmón, debido a la sobreexpresión de FECR1 en las muestras de sangre periférica de pacientes que lo presentan, en comparación con individuos sanos. Por lo que se ha planteado la hipótesis de que el análisis de los niveles de expresión de FECR1 podría proporcionar información predictiva sobre la expectativa de supervivencia y la respuesta a la quimioterapia (Li *et al.*, 2019).

Los accidentes cerebrovasculares isquémicos y los ataques cardíacos, comunes y con un gran impacto en la expectativa de vida (Mora-Solórzano *et al.*, 2020), generan tejido cicatricial en el corazón, dificultando su función y la recuperación de los pacientes. Los ARNcirc (circHIPK3 y Amotl1) son clave en este proceso. En modelos de ratones con daño cardíaco inducido, la sobreexpresión de Amotl1 reduce la formación de tejido cicatricial y fomenta la proliferación celular (Zeng *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2017), mientras que la de circHIPK3 promueve la cicatrización. Esto muestra cómo ordenar los niveles de ARN circulares puede tener un impacto significativo en el desarrollo y progresión de estas patologías.

Finalmente, es importante destacar que la investigación sobre ARNcirc a modo de biomarcadores está en una fase temprana y sigue evolucionando. Se requiere más investigación que lleve a validar y establecer la utilidad clínica de los ARNcirc en diferentes contextos médicos.

LOS ARNcirc COMO AGENTES TERAPÉUTICOS

La estabilidad inherente de los ARNcirc se ha convertido en una valiosa herramienta en la creación de agentes terapéuticos: vacunas y vehículos de liberación de componentes reabilitadores (He *et al.*, 2021; Bai *et al.*, 2022). Estos ARNcirc actúan de vectores, entregando secuencias codificantes para

proteínas de interés en el interior de las células. Estos vectores están recubiertos con nanopartículas lipídicas que facilitan su internalización en las células, lo que permite la producción de las proteínas que transportan (He *et al.*, 2021) (figura 2a). En este contexto, se están investigando estrategias basadas en ARNcirc como alternativa a las vacunas de ARNm lineales debido a la estabilidad inherente de los ARN circulares. Estas estrategias se han aplicado con éxito en la creación de vacunas contra el SARS-CoV-2, siendo más termoestables y eficaces en la generación de inmunidad. Además, se han obtenido resultados prometedores en estudios preclínicos que ayudan al tratamiento de la leucemia utilizando nanopartículas lipídicas que contienen ARNcirc codificantes para el receptor CD19, lo que ha demostrado ser eficaz en la erradicación del crecimiento de las células cancerosas en estudios con ratones (News y Media, 2020; Garber, 2022).

El uso de ARNcirc como vectores terapéuticos puede ser beneficioso en la entrega de tratamientos y la eliminación de ARNcirc específicos (figura 2b). Por ejemplo, en modelos de cáncer de mama, la sobreexpresión de un ARNcirc llamado Dnmt1circ promueve la proliferación de células cancerosas, pero su inhibición mediante ARNsi la reduce (Du *et al.*, 2018). Aunque prometedores, se requieren ensayos clínicos en humanos que ayuden a evaluar la eficacia y seguridad de estas terapias basadas en ARNcirc.

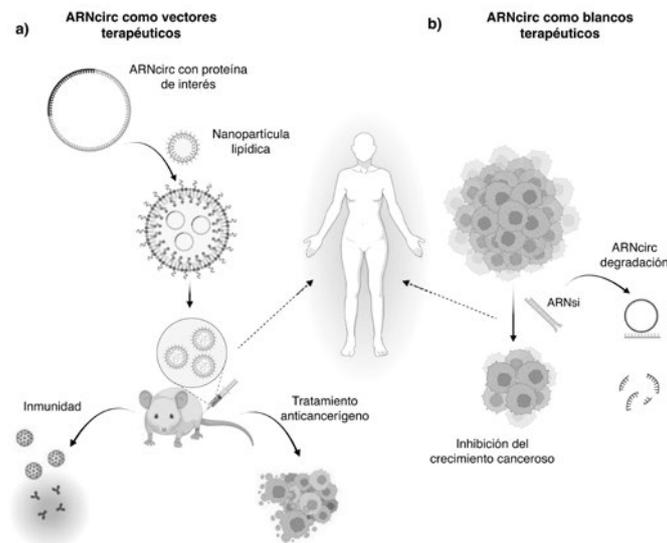


Figura 2. Propuesta terapéutica de los ARNcirc. *a)* Los ARNcirc pueden diseñarse de manera que incorporen información genética relacionada con proteínas de efecto terapéutico (antígenos para la creación de vacunas o elementos dirigidos a células cancerosas). *b)* Otra estrategia implica la eliminación selectiva de ARNcirc específicos, lo cual se lograría mediante su degradación con ARN pequeños de interferencia (ARNsi) (creado con biorender.com).

CONCLUSIONES

El mundo del ARN es amplio y complejo, con actividades que van desde la síntesis de proteínas hasta la regulación celular. Los ARNnc, antes considerados “basura” por su falta de codificación proteica, ahora se reconocen por su papel crucial en ella. Aunque sus orígenes y cometidos son enigmáticos, han ganado importancia en enfermedades, como los ARNcirc que podrían ser biomarcadores útiles. Además, se anticipa que las terapias basadas en ARN, especialmente ARNcirc, aprovecharán su estabilidad estructural para la expresión estable de elementos terapéuticos que modulen funciones celulares, mejorando la calidad de vida y enriqueciendo nuestras herramientas contra diversas afecciones.

REFERENCIAS

- Bai, Y., Liu, D., He, Q., *et al.* (2022). Research progress on circular RNA vaccines, *Frontiers in Immunology*, 13, 1091797.
- Caba, L., Florea, L., Gug, C., *et al.* (2021). Circular RNA-Is the Circle Perfect?, *Biomolecules*, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 11(12), 1755.
- Califf, R.M. (2018). Biomarker definitions and their applications, *Experimental Biology and Medicine*, 243(3), 213-221.
- Chen, N., Zhao, G., Yan, X., *et al.* (2018). A novel FLI1 exonic circular RNA promotes metastasis in breast cancer by coordinately regulating TET1 and DNMT1, *Genome Biology*, 19(1), 218.
- Dai, X., Zhang, S. y Zaleta-Rivera, K. (2020). RNA: interactions drive functionalities, *Molecular Biology Reports*, 47(2), 1413-1434.
- Du, W.W., Yang, W., Li, X., *et al.* (2018). A circular RNA circ-DNMT1 enhances breast cancer progression by activating autophagy, *Oncogene*, 37(44), 5829-5842.
- Ezkurdia, I., Juan, D., Rodríguez, J.M., Franch, A., *et al.* (2014). Multiple evidence strands suggest that there may be as few as 19,000 human protein-coding genes, *Human Molecular Genetics*, 23(22), 5866-5878.
- Garber, K. (2022). Orna Therapeutics: circular logic, *Nature Biotechnology*, <https://doi.org/10.1038/d41587-022-00005-1>
- Hanan, M., Simchovitz, A., Yaron, N., *et al.* (2020). A Parkinson's disease CircRNAs Resource reveals a link between circSLC8A1 and oxidative stress, *EMBO Molecular Medicine*, 12(11), e13551.
- Hansen, T.B., Jensen, T.I., Clausen, B.H., *et al.* (2013). Natural RNA circles function as efficient microRNA sponges, *Nature*, 495(7441), 384-388.
- He, A.T., Liu, J., Li, F. y Yang, B.B. (2021). Targeting circular RNAs as a therapeutic approach: current strategies and challenges, *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 6(1), 185.
- Hombach, S. y Kretz, M. (2016). Non-coding RNAs: Classification, Biology and Functioning, *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 937, 3-17.
- Human. (s/f). *Statistics about the current GENCODE Release (version 45)*, <https://www.genencodegenes.org/human/stats.html>
- Kong, F., Lv, Z., Wang, L., *et al.* (2021). RNA-sequencing of peripheral blood circular RNAs in Parkinson disease, *Medicine*, 100(23), e25888.
- Li, J., Sun, D., Pu, W., *et al.* (2020). Circular RNAs in Cancer: Biogenesis, Function, and Clinical Significance, *Trends in Cancer Research*, 6(4), 319-336.
- Li, L., Li, W., Chen, N., *et al.* (2019). FLI1 Exonic Circular RNAs as a Novel Oncogenic Driver to Promote Tumor Metastasis in Small Cell Lung Cancer, *Clinical Cancer Research: An Official Journal of the American Association for Cancer Research*, 25(4), 1302-1317.
- Liu, C.-X., y Chen, L.-L. (2022). Circular RNAs: Characterization, cellular roles, and applications, *Cell*, 185(13), 2390.

- Li, X., Yang, L. y Chen, L.-L. (2018). The Biogenesis, Functions, and Challenges of Circular RNAs, *Molecular Cell*, 71(3), 428-442.
- Luo, Y.-H., Yang, Y.-P., Chien, C.-S., *et al.* (2020). Plasma Level of Circular RNA hsa_circ_0000190 Correlates with Tumor Progression and Poor Treatment Response in Advanced Lung Cancers, *Cancers*, 12 (7), <https://doi.org/10.3390/cancers12071740>.
- Mora-Solórzano, L., Gutiérrez-Díaz, G.I., Gudiño-Amezcuca, D.A., *et al.* (2020). Características clínicas de pacientes con infarto agudo de miocardio tratados con trombólisis en urgencias, *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, Publicidad Permanyer, SLU*, 58(2), 100-107.
- News & Media. (2020). *Orna Therapeutics*, 18 diciembre, <https://www.ornatx.com/news-and-media/?pag=1&category=21>
- Nisar, S., Bhat, A.A., Singh, M., *et al.* (2021). Insights Into the Role of CircRNAs: Biogenesis, Characterization, Functional, and Clinical Impact in Human Malignancies, *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 617281.
- Nurk, S., Koren, S., Rhie, A., *et al.* (2022). The complete sequence of a human genome, *Science*, 376(6588), 44-53.
- Panni, S., Lovering, R.C., Porras, P., *et al.* (2020). Non-coding RNA regulatory networks, *Biochimica et Biophysica Acta, Gene Regulatory Mechanisms*, 1863(6), 194417.
- Rybak-Wolf, A., Stottmeister, C., Glažar, P., *et al.* (2015). Circular RNAs in the Mammalian Brain Are Highly Abundant, Conserved, and Dynamically Expressed, *Molecular Cell*, 58(5), 870-885.
- Saito, H. (2022). The RNA world 'hypothesis', *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, 23(9), 582.
- Sang, Q., Liu, X., Wang, L., *et al.* (2018). CircSNCA downregulation by pramipexole treatment mediates cell apoptosis and autophagy in Parkinson's disease by targeting miR-7, *Aging*, 10(6), 1281-1293.
- Statello, L., Guo, C.-J., Chen, L.-L., *et al.* (2021). Author Correction: Gene regulation by long non-coding RNAs and its biological functions, *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, 22(2), 159.
- Wesselhoeft, R.A., Kowalski, P.S., y Anderson, D.G. (2018). Engineering circular RNA for potent and stable translation in eukaryotic cells, *Nature Communications*, 9(1), 2629.
- Yang, Z.-G., Awan, F.M., Du, W.W., *et al.* (2017). The Circular RNA Interacts with STAT3, Increasing Its Nuclear Translocation and Wound Repair by Modulating Dnmt3a and miR-17 Function, *Molecular Therapy: The Journal of the American Society of Gene Therapy*, 25(9), 2062-2074.

Zeng, Y., Du, W.W., Wu, Y., *et al.* (2017), A Circular RNA Binds To and Activates AKT Phosphorylation and Nuclear Localization Reducing Apoptosis and Enhancing Cardiac Repair, *Theranostics*, 7(16), 3842-3855.

Zhang, P., Wu, W., Chen, Q., *et al.* (2019). Non-Coding RNAs and their Integrated Networks, *Journal of Integrative Bioinformatics*, 16(3), <https://doi.org/10.1515/jib-2019-0027>

Zhang, Z., Yang, T., y Xiao, J. (2018). Circular RNAs: Promising Biomarkers for Human Diseases, *EBioMedicine*, 34, 267-274.

Zheng, Q., Bao, C., Guo, W., *et al.* (2016). Circular RNA profiling reveals an abundant circHIPK3 that regulates cell growth by sponging multiple miRNAs, *Nature Communications*, 7, 11215.

Zhong, L., Ju, K., Chen, A., *et al.* (2021). Circulating CircRNAs Panel Acts as a Biomarker for the Early Diagnosis and Severity of Parkinson's Disease, *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13, 684289.

Recibido: 05/12/2022.
Aceptado: 14/09/2023.

Descarga aquí nuestra versión digital.





SECCIÓN ACADÉMICA

**Evaluación espectroscópica de la interacción
entre la avenantramida-C presente en la
avena y la albúmina sérica bovina**

**Asociación entre comorbilidades y riesgo
de sarcopenia en adultas mayores**

**Geomática aplicada para la obtención de
estados de deformacionales en la ingeniería
estructural**

Los grupos funcionales en nuestra vida diaria



Evaluación espectroscópica de la interacción entre la avenantramida-C presente en la avena y la albúmina sérica bovina

Azucena González-Horta*, María Guadalupe Quiroz Vázquez*
ORCID: 0000-0002-8222-2111 ORCID: 0000-0002-8036-7739

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-4>

RESUMEN

Las avenantramidas son compuestos únicos presentes en la avena, han demostrado tener características antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y neuroprotectoras. Sus propiedades benéficas se atribuyen a la interacción con biomoléculas presentes en el organismo como lípidos y proteínas por lo que, el objetivo de este trabajo fue evaluar la interacción entre el principal compuesto fenólico en la avena, la avenantramida-C (Avn-C) y la albúmina sérica bovina (BSA) mediante espectroscopía de fluorescencia. Los resultados demuestran una disminución gradual en la intensidad de fluorescencia de la BSA conforme aumenta la concentración de Avn-C indicando la interacción y formación de un complejo Avn-C/BSA

Palabras clave: Avenantramida-C, BSA, apagamiento de fluorescencia, polifenol, triptófano, avena.

ABSTRACT

Avenanthramides have been highlighted as unique bioactive compounds present in oats with antioxidant, anti-inflammatory, anticancer and neuroprotective activity features. These beneficial properties are ascribed to the interaction with other biomolecules present in the body such as lipids and proteins, so the objective of this work was to evaluate the interaction between the main phenolic compound in oats, the avenanthramide-C (Avn-C), and bovine serum albumin (BSA) by fluorescence spectroscopy. The results shows a gradual decrease in the protein's tryptophan fluorescence emission intensity with the addition of Avn-C indicating interaction between molecules and confirming the formation of a complex between Avn-C and BSA.

Key words: Avenanthramide-C, BSA, fluorescence quenching, polyphenol, tryptophan, oat.

Las avenantramidas (Avns) son fitoquímicos encontrados exclusivamente en la avena en intervalos de 5-120 mg/kg en las hojas y 2-289 mg/kg en el grano. La avenantramida-C (Avn-C) es la que se encuentra en mayor cantidad, de 36.5 a 61.77 mg/kg masa fresca (Wu *et al.*, 2018). El estudio de las Avns se ha intensificado recientemente debido a los efectos benéficos en la salud que estos compuestos otorgan, entre los que destacan: capacidad antioxidante (Bratt *et al.*, 2003), antiinflamatoria (Wang *et al.*, 2020), antiaterogénica (Sang *et al.*, 2017), anticancerígena (Rasane *et al.*, 2013) y antiamiloides (Quiroz-Vázquez, 2020). Esta última propone a la Avn-C como una molécula con potencial terapéu-

tico en el tratamiento de enfermedades como el Alzheimer o el Parkinson, cuyo origen es la agregación proteica de tipo amiloide.

La conexión de algunos polifenoles de origen vegetal con la albúmina sérica bovina se ha analizado extensivamente, ya que las seroalbúminas desempeñan un papel primordial en el transporte, disposición y eficacia de los polifenoles en células y tejidos (Bose, 2016; Bourassa *et al.*, 2010). Sin embargo, a la fecha no se han encontrado reportes que demuestren la interacción de la BSA con las fenolamidas, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la correlación de la avenantramida C, principal fenolamida en la avena, con la BSA mediante espectroscopía de fluorescencia.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: azucena.gonzalezhr@uanl.edu.mx, maria.quirozv@uanl.edu.mx;

METODOLOGÍA

Los experimentos de extinción de la fluorescencia del triptófano se llevaron a cabo a 30, 35, 40 y 45°C en una celda de cuarzo de 1.5 ml usando un espectrofluorímetro LS-45 (Perkin Elmer) a partir de una solución de BSA a una concentración de 6 μM en regulador PBS 20mM pH 7.4, a la cual se le añadió Avn-C (4, 6, 9, 12 y 18 μM). Se recogieron los espectros de emisión empleando una λ_{exc} 280nm. Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

El apagamiento de la fluorescencia es descrito por la ecuación de Stern-Volmer (Lakowicz, 2006):

$$F_0/F = 1 + k_q \tau_0 [Q] = 1 + K_{SV} [Q]$$

Donde F_0 y F son las intensidades de fluorescencia antes y después de la adición del apagador (Avn-C), respectivamente, $[Q]$ es la concentración del apagador y K_{SV} es la constante de apagamiento Stern-Volmer. Siendo k_q la constante de apagamiento bimolecular, τ_0 es el tiempo de vida promedio del fluoróforo (en este caso de los residuos aromáticos dentro de la albúmina) en ausencia del apagador. Con ella se determinaron los valores de K_{SV} por regresión lineal a través de una gráfica F_0/F contra $[Q]$.

La formación de un complejo se confirmó mediante los valores de la constante de apagamiento (k_q) calculada con la ecuación 2:

$$k_q = K_{SV} / \tau_0$$

asumiendo un tiempo de vida de fluorescencia del biopolímero BSA de 10-8 (Suryawanshi *et al.*, 2015). Para el *docking* molecular se empleó el programa AutodockVina de código abierto, el cual fue diseñado con el fin de realizar de forma precisa la simulación de acoplamiento molecular proteína-ligando mediante cálculos computacionales (Eberhardt *et al.*, 2021). Se utilizó el código PDB:4OR0 para la BSA y la herramienta bioinformática USFC Chimera en la visualización y el análisis de estructuras moleculares de forma interactiva.

La comunicación entre la Avn-C y la BSA se evaluó mediante el cambio en los espectros de emisión de fluorescencia de la proteína en ausencia y presencia de la fe-

nolamida. La BSA tiene dos residuos de triptófano (Trp134, localizado en la superficie de la proteína, y Trp213, dentro del dominio hidrofóbico de la BSA) que muestran fluorescencia intrínseca, por lo que un cambio en el espectro de emisión de fluorescencia de la BSA ocurrirá sólo en respuesta a la interacción con la Avn-C.

Un cambio en la λ_{max} de 340nm hacia longitudes de onda mayores (*red shift*) indicaría que el Trp213 está en un entorno más polar, mientras que un desplazamiento hacia menores longitudes de onda (*blue shift*) indicaría que el Trp213 se encuentra en un entorno menos polar, reflejando así una interconexión directa o indirecta del polifenol con la región hidrofóbica e hidrofílica localizadas alrededor del Trp213 y sugeriría ciertos cambios conformacionales.

En la figura 1 se muestran los cambios en los espectros de emisión de fluorescencia de triptófano en función del aumento en la concentración de Avn-C a diferentes temperaturas. Como puede observarse, la emisión de fluorescencia de la BSA disminuye gradualmente con la adición sucesiva de Avn-C, indicando que la Avn-C puede apagar la fluorescencia intrínseca de la proteína, lo que concuerda con lo reportado para otros polifenoles (Bourassa *et al.*, 2010) y biomoléculas (Ma *et al.*, 2018). Este apagamiento no va acompañado de un desplazamiento de los espectros a menores o mayores longitudes de onda, lo que indica que el Trp213 no ha sido expuesto a ningún cambio de polaridad, sugiriendo que la Avn-C se está uniendo al fluoróforo a través de intercambios hidrofóbicos.

El *docking* molecular de ambas moléculas se muestra en la figura 2; como puede observarse, la avenantramida-C se une a la cavidad hidrofóbica de la proteína tal y como lo sugiere el experimento de fluorescencia intrínseca.

La intensidad máxima en la emisión de fluorescencia de la BSA, medida a 340nm en función de concentraciones crecientes de Avn-C, se utilizó para elaborar perfiles de unión molecular, ya que el apagamiento de fluorescencia se debe a la disminución en el rendimiento cuántico inducido por una variedad de interacciones moleculares con la molécula apagadora.

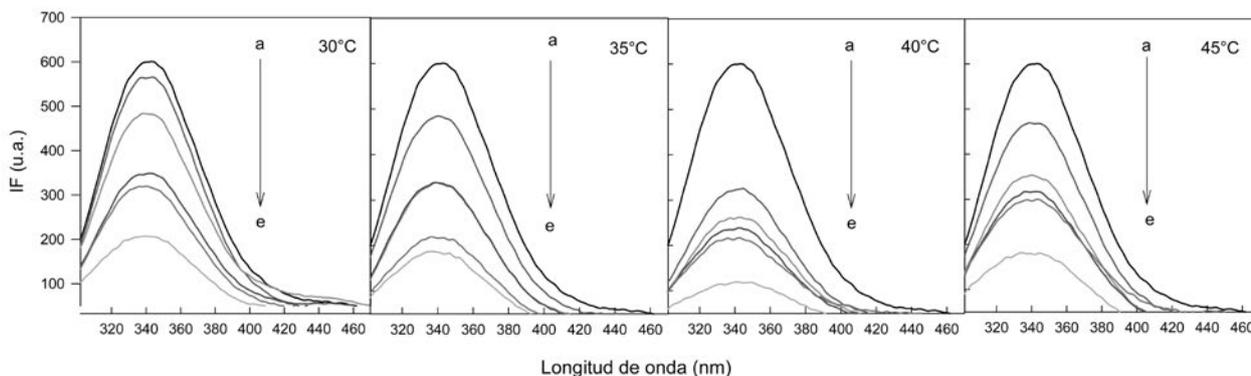


Figura 1. Espectros de apagamiento de la fluorescencia de la BSA por Avn-C a diferentes temperaturas de incubación. [BSA]= 6.0×10^{-6} M. [Avn-C] (a-e): 4, 6, 9, 12 y 18×10^{-6} M.

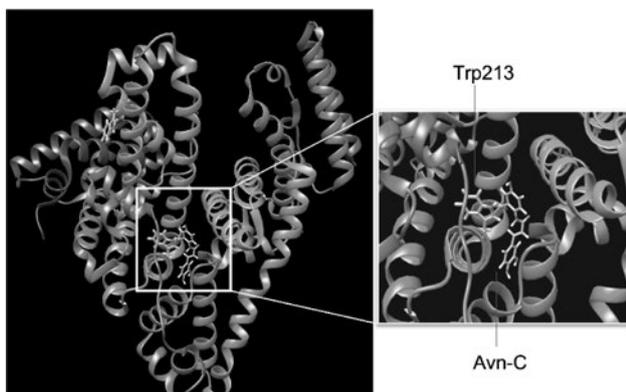


Figura 2. *Docking* molecular de la BSA y la Avn-C. Se muestra el anillo indol del Trp213 y la estructura de la avenantramida C.

Dicho fenómeno puede dividirse en dos grupos: “colisional o dinámico”, cuando la desactivación de fluorescencia es el resultado de los choques entre moléculas (molécula fluorescente y apagador) y “apagameinto estático”, cuando es resultado de la formación de un complejo (Lakowicz, 2016). Ambos tipos de desactivación requieren el contacto molecular del fluoróforo y el apagador, sin embargo, el comportamiento distinto frente a la temperatura permite distinguir el estático del dinámico.

En el segundo, un incremento en la temperatura origina que la difusión y el apagamiento colisional incrementen y ocurre lo opuesto en el primero. En la tabla I se resumen los valores obtenidos para las constantes de Stern-Volmer (KSV) y la de apagamiento bimolecular (kq). El decremento en KSV, conforme aumenta la tem-

peratura, es indicativo de un apagamiento de tipo estático, es decir que existe la formación de un complejo entre la BSA y la Avn-C.

Se ha demostrado que los compuestos polifenólicos se relacionan con los residuos de proteínas principalmente a través de los grupos hidroxilo presentes en los anillos de su estructura y forman puentes de hidrógeno que estabilizan la interacción. Reinke y Gestwicki (2007) propusieron, además, otras características importantes que deben poseer las moléculas para dicha comunicación: *a)* la existencia de dos grupos aromáticos terminales, *b)* la presencia de grupos hidroxilo y *c)* un linker con una longitud de 6 a 19 Å que conecte los dos grupos aromáticos presentes en la estructura del polifenol. La Avn-C cumple con todos estos criterios, lo que la hace una molécula capaz de conectarse con el interior de las proteínas de manera eficiente.

CONCLUSIONES

En este trabajo se demuestra la interacción de la Avn-C y la BSA por espectroscopía de fluorescencia. Los resultados indican que la Avn-C es un fuerte apagador de la fluorescencia intrínseca de la BSA y que se une con gran afinidad a la proteína formando un complejo BSA/Avn-C bajo las condiciones ensayadas. Esto propone a la Avn-C como una molécula con potencial terapéutico en el área médica y farmacológica, principalmente en enfermedades relacionadas con agregación proteica.

Tabla I. Constantes de Stern-Volmer (K_{SV}) y de apagamiento biomolecular (k_q) para la interacción BSA-Avn-C.

T (°C)	K_{SV} ($\times 10^5$ L mol ⁻¹)	k_q ($\times 10^{13}$ L mol ⁻¹ s ⁻¹)	t_0 (s)	R ²
30	1.5089	1.5089	10 ⁻⁸	0.99
35	1.3732	1.3732	10 ⁻⁸	0.99
40	1.1827	1.1827	10 ⁻⁸	0.98
45	1.0450	1.0450	10 ⁻⁸	0.98

REFERENCIAS

Bose, A. (2016). Interaction of tea polyphenols with serum albumins: A fluorescence spectroscopic analysis, *Journal of Luminescence*, 169, 220-226. <https://doi.org/10.1016/j.jlum.2015.09.018>

Bourassa, P., et al. (2010). Resveratrol, genistein, and curcumin bind bovine serum albumin, *The Journal of Physical Chemistry B*, 114(9), 3348-3354. <https://doi.org/10.1021/jp9115996>

Bratt, K., et al. (2003). Avenanthramides in oats (*Avena sativa* L.) and structure-antioxidant activity relationships, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 594-600. <https://doi.org/10.1021/jf020544f>

Eberhardt, J., Santos-Martins, D., Tillack, A. F., et al. (2021). AutoDock Vina 1.2.0: New Docking Methods, Expanded Force Field, and Python Bindings, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 61, 8, 3891-3898, <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c00203>

Lakowicz, J.R. (2016) *Principles of fluorescence spectroscopy*. 3rd edn. New York: Springer. p. 954.

Ma, L., Maragos, C.M., y Zhang, Y. (2018). Interaction of zearalenone with bovine serum albumin as determined by fluorescence quenching, *Mycotoxin Research*, 34(1), 39-48, <https://doi.org/10.1007/s12550-017-0297-7>

Quiroz-Vázquez, M.G., et al. (2020). Avenanthramide-C prevents amyloid formation of bovine serum albumin, *Biophysical Chemistry*, 263, 106391. <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2020.106391>

Rasane, P., et al., (2013). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - a review, *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 662-675, <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1>

Reinke, A.A., y Gestwicki, J.E. (2007). Structure-activity relationships of amyloid beta-aggregation inhibitors based

on curcumin: Influence of linker length and flexibility, *Chemical Biology and Drug Design*, 70(3), 206-215, <https://doi.org/10.1111/j.1747-0285.2007.00557.x>

Sang, S., y Chu, Y.F. (2017). Whole grain oats, more than just a fiber: role of unique phytochemicals, *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(7), 1600715, <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600715>

Suryawanshi, V.D., et al. (2016). Spectroscopic analysis on the binding interaction of biologically active pyrimidine derivative with bovine serum albumin, *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(1), 56-63, <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.07.001>

Wang, W., Snooks, H.D., y Sang, S. (2020). The chemistry and health benefits of dietary phenolamides, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1-57, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02605>

Wu, W., et al. (2018). Avenanthramide aglycones and glucosides in oat bran: chemical profile, levels in commercial oat products, and cytotoxicity to human colon cancer cells, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(30), 8005-8014. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02767>

Descarga aquí nuestra versión digital.



Recibido: 29/11/2022.
Aceptado: 05/06/2023.



Asociación entre comorbilidades y riesgo de sarcopenia en adultas mayores

Rosa María Cruz-Castruita*, Stephanie Denise Zambrano-Ayala*, Marina Medina-Corrales*
ORCID: 0000-0001-6013-7541 ORCID: 0000-0002-6475-611X ORCID: 0000-0001-8446-9188

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-5>

RESUMEN

Objetivo: evaluar la asociación entre comorbilidades y el riesgo de sarcopenia con el cuestionario SARC-F en adultas mayores de Nuevo León adscritas a los servicios médicos de un hospital público. **Métodos:** Se llevó a cabo un estudio transversal y descriptivo con una muestra de 40 adultas mayores. Los datos se recolectaron para la identificación de las enfermedades al momento de la encuesta y se aplicó el cuestionario de SARC-F para identificar el riesgo de sarcopenia. **Resultados:** El análisis de la relación entre comorbilidades y riesgo de sarcopenia mostró una correlación positiva débil en las adultas mayores. **Conclusión:** Los resultados indican que conforme aumenta la presencia de comorbilidades hay un incremento en el riesgo de sarcopenia.

Palabras claves: Comorbilidades, Riesgo, Sarcopenia, Adultas mayores, SARC-F.

ABSTRACT

Objective: evaluate the association between comorbidities and the risk of sarcopenia with the SARC-F questionnaire in older adults from Nuevo León assigned to the medical services of a public hospital. Methods: A cross-sectional and descriptive study was carried out with a sample of 40 elderly women. The data was collected for the identification of the diseases at the time of the survey and the SARC-F questionnaire was applied to identify the risk of sarcopenia. Results: The analysis of the relationship between comorbidities and risk of sarcopenia showed a weak positive correlation in older adults. Conclusion: The results indicate that as the presence of comorbidities increases, there is an increase in the risk of sarcopenia.

Keywords: Comorbidities, Risk, Sarcopenia, Older adults, SARC-F.

La sarcopenia es un trastorno del sistema musculoesquelético generalizado y progresivo que se asocia con una importante probabilidad de consecuencias adversas que incluyen caídas, fracturas, discapacidad física y mortalidad (Cruz-Jentoft *et al.*, 2019). Su prevalencia depende del contexto geográfico y grupo poblacional; con relación al género, se ha observado que afecta principalmente a mujeres por el hecho de tener menor masa muscular, esperanza de vida más larga, además de una tendencia a enfermedades crónicas: diabetes mellitus e hipertensión, obesidad, entre otras, así como cambios concernientes a factores endocrinos (desequilibrio hormonal) propios de la edad (Almeida Dos Santos *et al.*, 2016). En México, la aparición de presarcopenia (5.05% *vs.* 3.64%) y sarcopenia (9.57% *vs.* 3.70%) es superior en mujeres que en hombres, respectivamente (Espinel-Bermúdez *et al.*, 2018).

Los datos anteriores han llevado a identificar la importancia de evaluar la probabilidad de este padecimiento, porque un diagnóstico precoz y oportuno evitaría su progreso, sus complicaciones e incluso pudiera ser potencialmente reversible (Dhillon y Hasni, 2017). Uno de los instrumentos utilizados en la evaluación de sospecha clínica de ésta es el SARC-F (Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia), actualmente recomendado por el Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Mayores y las Pautas de Práctica Clínica Internacional para Sarcopenia (EWGSOP2 por sus siglas en inglés), por ser de uso simple y rápido (Cruz-Jentoft *et al.*, 2019).

Este cuestionario también ha sido valorado por diferentes poblaciones como la versión, adaptada y validada en español, para adultos mayores que viven

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

en la comunidad mexicana (Parra-Rodríguez *et al.*, 2016). En la bibliografía se han encontrado investigaciones en las que este mal comparte factores de riesgo con otros relacionados con la edad: enfermedad cerebrovascular, demencia, diabetes mellitus y molestias respiratorias (Pacífico *et al.*, 2020).

Los estudios realizados en México que estiman las principales causas de muerte en 2021 han reportado que en primer lugar se encuentran las enfermedades del corazón; en segundo, el COVID-19, y en tercero la diabetes mellitus (Inegi, 2020), comorbilidades que se han asociado con sarcopenia (Pacífico *et al.*, 2020). Sin embargo, hasta ahora no se ha encontrado información que las conecte en adultos mexicanos. Por lo mencionado, el objetivo de este trabajo es evaluar la relación entre comorbilidades y riesgo de sarcopenia a través del cuestionario SARC-F en adultas mayores de Nuevo León adscritas a los servicios médicos de un hospital público durante 2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue transversal, con una muestra de 40 adultas mayores jubiladas adscritas en 2020 a servicios médicos de un hospital de Nuevo León; la edad promedio fue de 71.13 años y 42% reportó estar casada. El muestreo fue por conveniencia, considerando que quienes aceptaron de manera voluntaria participar fueran derechohabientes del hospital y con edad de 60 años o más. Se excluyó a quienes dejaron detalles incompletos en las encuestas.

Proceso de recolección de datos e instrumentos

Durante la recolección de los datos se solicitó autorización de los directivos del hospital y se obtuvo el consentimiento informado por escrito. En un segundo contacto un equipo de cuatro especialistas en el área de las ciencias de la actividad física y promoción de la salud aplicó los cuestionarios, iniciando con la historia clínica conformada por cinco preguntas que consideraron datos de enfermedades reportadas y consumo

de medicamentos con respuestas categóricas, luego se aplicó el cuestionario SARC-F, versión validada y adaptada a la población mexicana, de cinco preguntas relacionadas con los elementos de Fuerza, Asistencia para caminar, Levantarse de una silla, Subir escaleras y Caídas en una escala de 0 = ninguna, a 2 = mucha o incapaz (Parra-Rodríguez *et al.*, 2016).

Los puntos que se pueden obtener son de 0 a 10, el producto se interpreta como < 3 baja y > 4 alta probabilidad.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en el programa SPSS versión 29.0, a través de estadística descriptiva, análisis exploratorio, la prueba de Shapiro-Wilk, la normalidad de variables con una significancia mayor o igual a 0.05 y el coeficiente de correlación de Spearman con un valor de $p < 0.05$ y un intervalo de confianza de 95%.

RESULTADOS

Normalidad de las variables y descripción de las comorbilidades

Se presentó una significancia < 0.05 para comorbilidades ($W = .867$; $p = 0.00$; $gl = 40$) y el riesgo de sarcopenia ($W = .864$; $p = 0.00$; $gl = 40$), lo que arrojó una distribución no paramétrica.

El número de enfermedades que más se reportó fue de dos y entre las de mayor prevalencia se encuentran hipertensión, diabetes, colesterolemia, hipertrigliceridemia, hipotiroidismo, osteoporosis, artritis y algún tipo de cáncer.

Riesgo de sarcopenia

Los resultados categóricos del cuestionario SARCF mostraron que en todos los elementos –Fuerza (72.5%; $f = 29$), Asistencia para caminar (70%; $f = 28$), Levantarse de una silla (60%; $f = 24$), Subir escaleras (52%;

f = 21) y Caídas (52.5%; f = 21)– la mayoría de las participantes no reportó ningún problema. Pero en todos los elementos, excepto en Caídas, 23 a 35% indicó alguna dificultad, y en Subir escaleras 12.5% (f = 5) refirió mucha dificultad o ser incapaz. En relación a Caídas, 37.5% (f = 15) mencionó de una a tres y 10% (f = 4) de cuatro a más.

De acuerdo con la sumatoria del cuestionario SARC-F, 30% (f = 12) de las participantes manifestaron alta probabilidad de padecer sarcopenia.

Relación entre comorbilidades y riesgo de sarcopenia

Según el análisis, existe una correlación positiva débil ($r_s = 0.270$) en las participantes, indicando que conforme aumentan las primeras hay un incremento en la probabilidad de la segunda.

DISCUSIÓN

En este trabajo se encontró un potencial de sarcopenia en menos de la mitad de las participantes, pero fue un porcentaje relevante si se considera que son independientes, que aún no se clasifican, según su edad, como en riesgo o ancianas, este dato se relaciona a lo reportado por Cruz-Jentoft *et al.*, (2014), donde osciló de 1 a 29% en quienes viven en comunidad.

Los resultados mostraron una correlación positiva débil, esto se puede deber a que la mayoría manifestó únicamente dos comorbilidades al momento de la evaluación y son personas que viven en comunidad, es decir, no son institucionalizadas o dependen del cuidado completo de otros, situación que se ha encontrado es un factor protector al desarrollar sarcopenia, sin embargo, en estudios como el de Iranzo *et al.*, (2020) se encontró, en la población grande de edad, que la aparición de comorbilidades es capaz de predecirla, es decir, aquéllos con valores más altos

en el índice de comorbilidad de Charlson abreviado tenían más probabilidad de tenerla, evaluada con el cuestionario SARC-F.

Fisiológicamente se puede resaltar que está más latente en mujeres con alguna comorbilidad, como encontraron Kim *et al.*, (2010), quienes observaron que la diabetes tipo 2 es un importante predictor de riesgo.

CONCLUSIONES

Los resultados indican una correlación positiva débil relativa a la presencia de comorbilidades y la posible sarcopenia, por lo cual se recomienda seguir realizando estudios con una muestra más amplia y un cuestionario específico para evaluar y comprobar está relación.

REFERENCIAS

- Almeida Dos Santos, A.D., *et al.* (2016). Sarcopenia in elderly outpatients: Prevalence and associated factors, *Nutrición Hospitalaria*, 33(2), 255-262, <https://doi.org/10.20960/NH.100>
- Cruz-Jentoft, A.J., *et al.* (2014). Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS), *Age and Ageing*, 43(6), 48-759, <https://doi.org/10.1093/AGEING/AFU115>
- Cruz-Jentoft, A.J., *et al.* (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis, *Age and Ageing*, 48(1), 16-31, <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
- Espinel-Bermúdez, M.C., *et al.* (2017). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people of Mexico City using the EGWSOP (European Working Group on Sarcopenia in Older People) diagnostic criteria, *JCSM Clinical Reports*, 2(2), 1-9, <https://doi.org/10.17987/jcsm-cr.v2i2.9>
- Espinel-Bermúdez, M.C., *et al.* (2018). Associated factors with sarcopenia among Mexican elderly:

2012 National Health and Nutrition Survey, *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 56(Suppl 1), S46-S53, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29624960>

Iranzo, M.A.C., *et al.* (2020). Functional and Clinical Characteristics for Predicting Sarcopenia in Institutionalised Older Adults: Identifying Tools for Clinical Screening, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4483, <https://doi.org/10.3390/IJERPH17124483>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Características de las defunciones registradas en México durante 2020*, https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodem/DefuncionesRegistradas2020_Pre_07.pdf

Pacifico, J., *et al.* (2020). Prevalence of sarcopenia as a comorbid disease: A systematic review and meta-analysis, *Experimental Gerontology*, 131, p. 110801, <https://doi.org/10.1016/J.EXGER.2019.110801>

Parra-Rodríguez, L., *et al.* (2016). Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Spanish-Language Version of the SARC-F to Assess Sarcopenia in Mexican Community-Dwelling Older Adults, *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(12), 1142-1146, <https://doi.org/10.1016/J.JAMDA.2016.09.008>

Xia, L., *et al.* (2020). Sarcopenia and adverse health-related outcomes: An umbrella review of meta-analyses of observational studies, *Cancer Medicine*, 9(21), 7964-7978, <https://doi.org/10.1002/CAM4.3428>

Recibido: 05/12/2022.
Aceptado: 02/11/2023.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Geomática aplicada para la obtención de estados deformacionales en la ingeniería estructural

Milena Mesa-Lavista*, Fabiola Yépez-Rincón*, Karlas Carolina Gutiérrez-González*
ORCID: 0000-0002-6966-1590 ORCID: 0000-0001-5025-9967 ORCID: 0000-0002-8417-5945

Yris Laura Mancilla-de la Cruz*, Andrea N. Escobedo*
ORCID: 0000-0001-6463-4959 ORCID: 0000-0002-1172-4077

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-6>

RESUMEN

Los avances en las evaluaciones no destructivas para estructuras civiles han sido significativos en los últimos años. Algunas innovaciones y nuevas técnicas de medición incluyen: fotogrametría y videogrametría, termografía infrarroja, escáner láser 3D, sensores remotos, etc. En este trabajo se exponen tres proyectos de investigación que se llevaron a cabo en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil donde se realizaron mediciones con las técnicas de fotogrametría digital. Primeramente, se empleó el método de seguimiento fotogramétrico de vista única para medir los desplazamientos de 9 especímenes de castillos cortos para mampostería confinada, que fueron fabricados y ensayados a compresión axial. Posteriormente, se evidencia un proyecto donde se ensayaron dos uniones viga-columna con concreto reforzado con fibras y donde fue posible determinar los desplazamientos y las aberturas de las grietas alcanzadas. Por último, se muestra un proyecto donde se ensayó un muro de mampostería confinada con carga cíclica reversible, en este se tomaron una serie de imágenes y videos con distintas posiciones de cámaras para obtener una reconstrucción del ensayo.

Palabras clave: Geomática en estructuras, técnica de fotogrametría, ensayo de elementos estructurales.

ABSTRACT

Advances in non-destructive evaluations for civil structures have been significant in recent years. Some of the advances and new measurement techniques include photogrammetry and videogrammetry, infrared thermography, 3D laser scanning, remote sensors, etc. This work presents three research projects that were carried out in the laboratory of testing materials of the Faculty of Civil Engineering where measurements were made with photogrammetry digital techniques. First, the single view photogrammetric tracking method was used to measure the displacements of 9 specimens of short castles for confined masonry, which were fabricated and tested in axial compression. Subsequently, a project is evident where two beam-column joints with fiber-reinforced concrete were tested and it was possible to determine the displacements and openings of the reached cracks. Finally, a project is shown where a confined masonry wall with reversible cyclic load was tested, in which a series of photos and videos were taken with different camera positions to obtain a reconstruction of the test.

Keywords: Geomatics in structures, photogrammetry technique, structural elements testing.

En ingeniería civil las mediciones no destructivas incluyen una amplia gama de aplicaciones que requieren la determinación de la forma tridimensional de un objeto y los cambios que sufre ante la aplicación de cargas (Anterrieu *et al.*, 2019; Galantucci

y Fatiguso, 2019). Éstas se han empleado habitualmente en obras de interés histórico; sin embargo, en la última década se han venido implementando en la obtención de lecturas de deformaciones y desplazamientos en elementos estructurales.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: mmesal@uanl.edu.mx, fabiola.yepezn@uanl.edu.mx, karlas603@hotmail.com, yrislaura.md98@gmail.com, andrea.escobedotmz@uanl.edu.mx

Particularmente, la fotogrametría ofrece un gran potencial de soluciones de medición en la ingeniería estructural. En la bibliografía este tipo de ejercicios se reporta en cajas modulares que constan de distintas cámaras digitales con interfaces de computadora, sistemas de iluminación y dispositivos de calibración combinados con operadores de imágenes de precisión a subpixel que permite ubicar las coincidencias de múltiples figuras que se ajustan y autocalibran por medio de interfaces poderosas en laboratorios de ensaye. Estos equipos demuestran el gran potencial del procedimiento en la medición de deformaciones fotogramétricas, a pesar de ser sumamente costosos.

En conjunto, estas metodologías y avances en evaluaciones no destructivas han mejorado significativamente la capacidad de los ingenieros al evaluar la salud y la integridad de las edificaciones civiles sin la necesidad de realizar pruebas que podrían ser costosas o peligrosas. Estas herramientas son fundamentales en el mantenimiento preventivo y la seguridad de las infraestructuras civiles.

La aplicación de la geomática y las técnicas no destructivas en la ingeniería estructural es una línea de investigación que se está desarrollando en el Instituto de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil en la UANL. El objetivo de este trabajo es calibrar el método no destructivo al aplicarlo como procedimiento en distintos proyectos civiles, y se ha llevado a cabo en tres ejercicios: (1) ensayo de castillos cortos a compresión uniaxial; (2) registro de deterioros superficiales en una unión viga-columna de concreto reforzado con fibras de acero adicionada y (3) comportamiento de muros de mampostería ante cargas cíclicas reversibles. En estos proyectos participaron los doctores del IIC José Álvarez Pérez, Jorge Humberto Chávez Gómez, Adrián Leonardo Ferriño Fierro y Fabián R. Ruvalcaba Ayala.

METODOLOGÍA

Ensayo de castillos cortos a compresión uniaxial

Para los ensayos en laboratorio de este proyecto se contó con nueve castillos cortos que fueron mallados con una cuadrícula de 5x5 cm. Cada espécimen se etiquetó con un número consecutivo de control del 1 al 9. Se realizaron dos procesos en la construcción de información en 3D: 1. Fotorreconstrucción de cada castillo utilizando una sobreposición mayor a 80% a tres alturas. 2. Seguimiento del desplazamiento en el registro fotográfico (figura 1). Durante el seguimiento de los desplazamientos se empleó la referenciación espacial al determinar el registro exacto del mallado y puntos de control establecidos. A partir de éstos se obtuvieron los desplazamientos que se compararon hasta la carga de rotura con las mediciones de los LVDT y *strain-gauges*. Los especímenes se ensayaron utilizando una prensa electrohidráulica Tinius Olsen. Estas pruebas se realizaron con control de velocidad de desplazamiento (0,005 mm/s) (Álvarez-Pérez *et al.*, 2023; Mesa-Lavista *et al.*, 2022).

Registro de deterioros superficiales en una unión viga-columna de concreto reforzado con fibras de acero adicionada

En este proyecto se ensayaron dos uniones viga-columna de concreto reforzado: con y sin fibras de acero adicionadas. En los ensayos se aplicó una carga cíclica reversible en un periodo específico (García *et al.*, 2019). En este caso, se siguió el procedimiento que se describe a continuación: *a)* se roció pintura para motear la zona de interés en el espécimen, *b)* se colocó iluminación y una cámara en la zona de interés y *c)* se programó una serie sincronizada de tomas fotográficas en *time lapse* de 2 seg y una serie en video secuencial con el objetivo de valorar los desplazamientos de la viga. Con esta técnica se logró medir las aberturas de las grietas (figura 2).

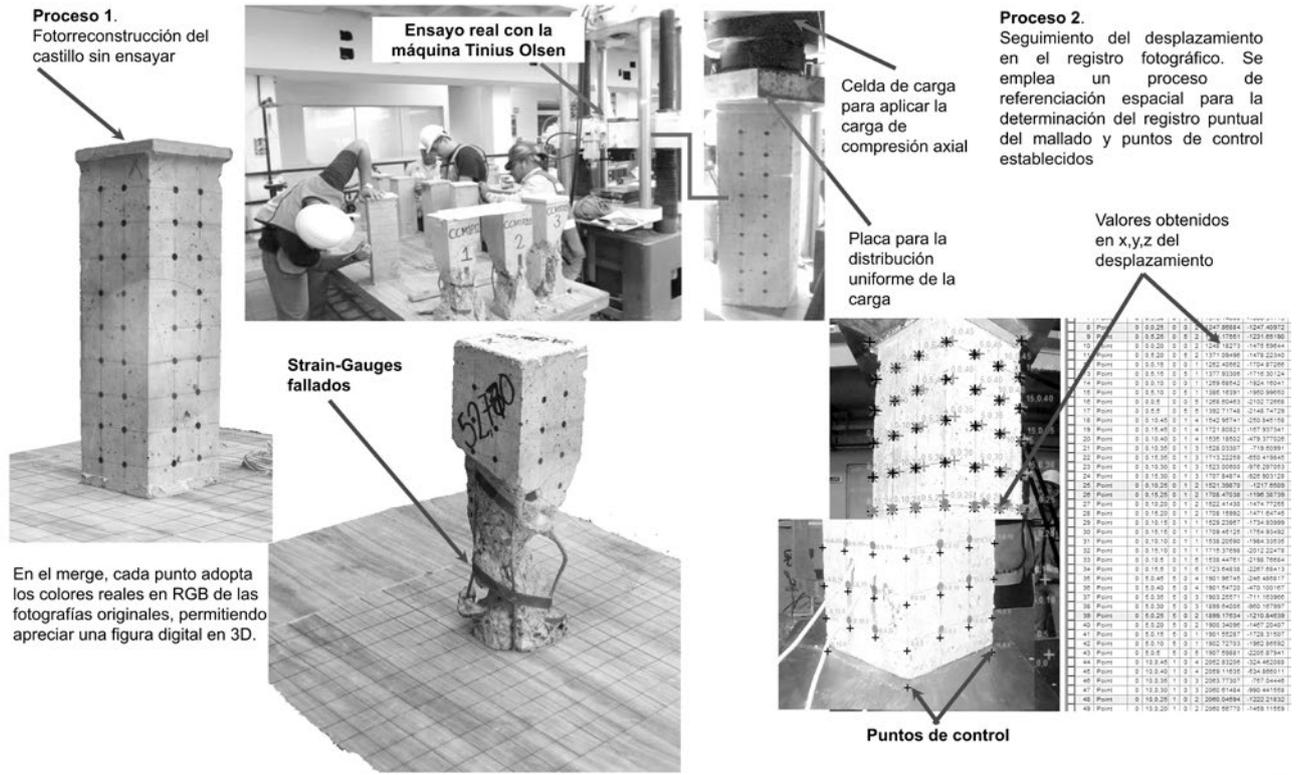


Figura 1. Geomática aplicada en el proyecto de castillos cortos a compresión uniaxial.

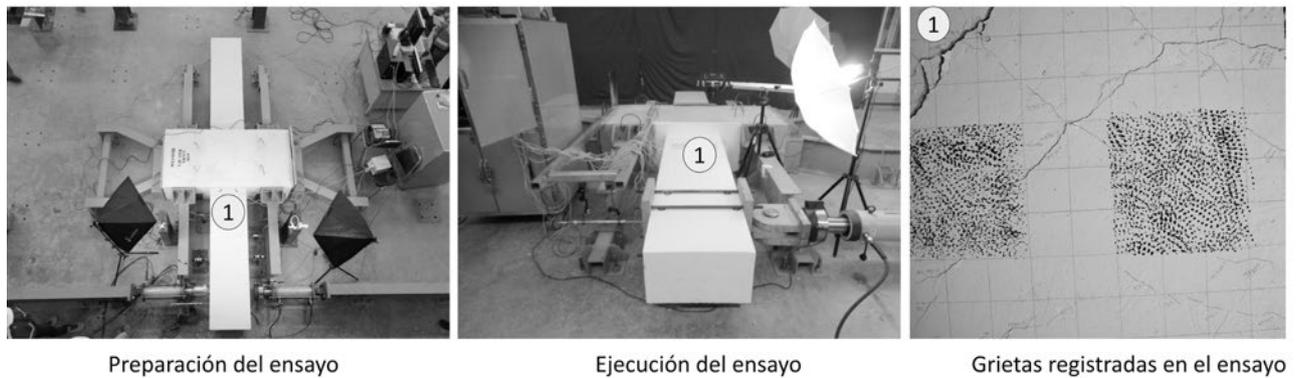


Figura 2. Registro de deterioro superficial en una unión viga-columna de concreto reforzado con fibras de acero adicionada.

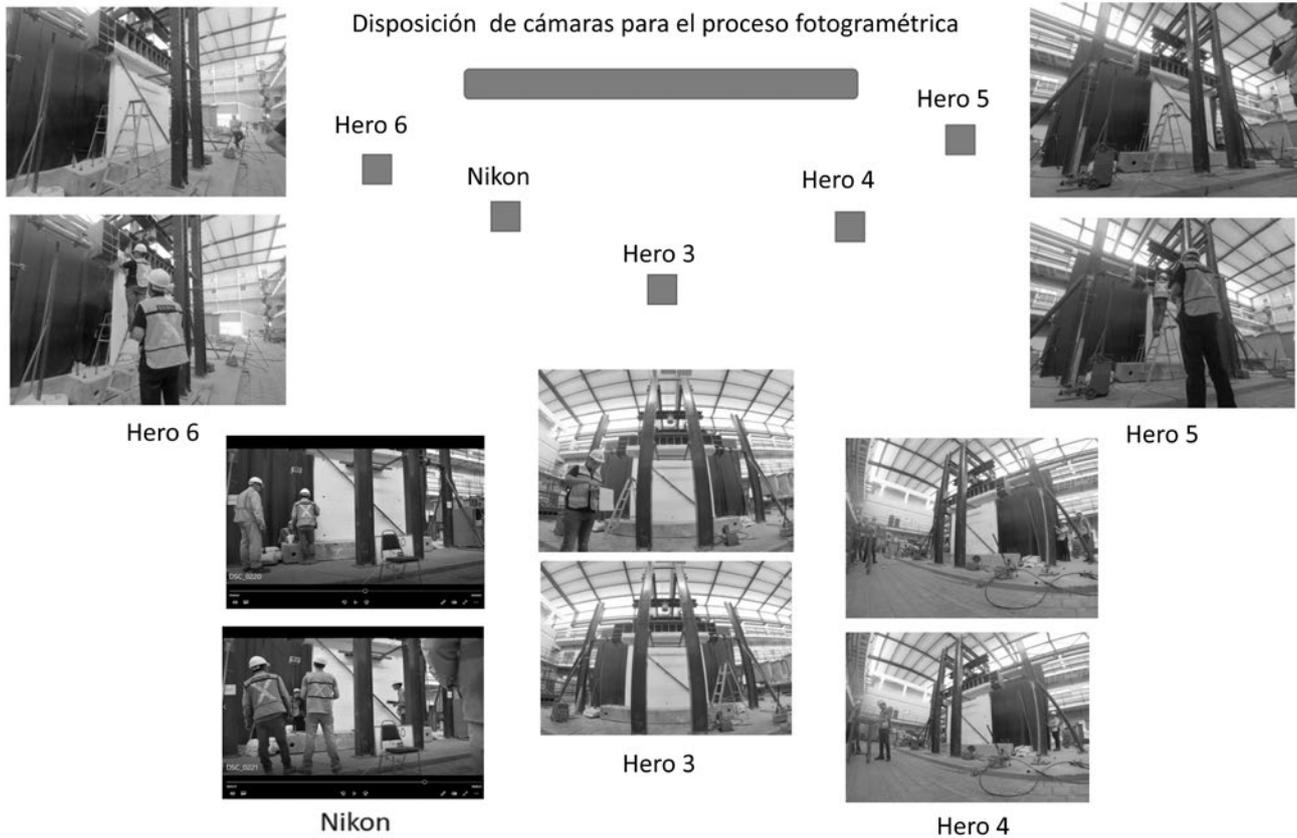


Figura 3. Control fotogramétrico del comportamiento de un muro de mampostería ensayado a carga cíclica reversible.

Comportamiento de muros de mampostería antecargas cíclicas reversibles

Los muros de mampostería confinada son ampliamente utilizados en la construcción de vivienda, proveen la capacidad de resistir cargas gravitacionales y laterales inducidas por sismos o huracanes. Actualmente existe la necesidad de proporcionar una evaluación completa de estas estructuras frente a la solicitud de esfuerzos de flexión y de cizallamiento. En este proyecto se ensayó un muro de mampostería sometido a carga cíclica reversible. Para ello se emplearon dos gatos hidráulicos con sus respectivas celdas de carga de 150 ton cada uno, aplicando previamente una precompresión al muro. En una primera etapa se realizaron prue-

bas con escáneres por medio de un proceso fotogramétrico con cinco modelos de cámaras GoPro, con la disposición que se presenta en la figura 3. La programación de las fotografías se realizó a cada 0.5 seg.

Metodologías destructivas

En los tres proyectos se empleó, además, un procedimiento destructivo. En éste se utilizó el sistema de medición tradicional con LVDTs y *strain-gauges* en la determinación de los desplazamientos y deformaciones, respectivamente. Los castillos se ensayaron a compresión axial; las uniones y los muros a carga cíclica reversible, en los tres casos hasta la rotura. Las mediciones realizadas con las técnicas tradicionales sirvieron de guía para la calibración de los métodos no destructivos.

RESULTADOS

Como resultado del proyecto 1 se validó la técnica fotogramétrica no destructiva al compararla con los desplazamientos medidos a través de los LVDT. Además, se logró determinar con precisión el momento exacto en que comenzaron a aparecer grietas en los especímenes, permitiendo medir su comportamiento después de la falla. Esto es especialmente relevante porque después de que el espécimen se estropea, los procesos de medición tradicionales con *strain-gauges* ya no son efectivos, pues el objeto se daña y no puede seguir realizando mediciones.

Por otra parte, en el proyecto de las uniones viga-columna se logró observar el inicio y la propagación de las grietas, registrando el desarrollo completo del deterioro superficial. Estos detalles no pueden apreciarse con precisión mediante las formas convencionales. Este mismo fenómeno se observó en el proyecto de los muros, ya que se logró un resultado similar al determinar el inicio y desarrollo de las grietas. En este proyecto, en particular, el uso de la técnica no destructiva es aún más relevante, ya que se validó su aplicación en el monitoreo continuo de estructuras reales y la identificación de defectos en áreas de difícil acceso, donde se requiere una medición rápida y sencilla.

CONCLUSIONES

En cada una de estas investigaciones se generaron más de 8,000 imágenes, las cuales están siendo procesadas; los resultados serán fundamentales en la interpretación del comportamiento de los elementos estructurales analizados. Queda demostrado que el uso de técnicas no destructivas, como la fotogra-

metría en este caso, contribuye significativamente a la conservación del patrimonio, ya que permite evaluar el estado de las edificaciones y objetos sin causar daño físico.

Los resultados obtenidos hasta el momento respaldan la utilización de esta técnica en futuras mediciones en el ámbito de la investigación, ya que es capaz de medir desplazamientos y prever comportamientos sin depender exclusivamente de medidores tradicionales que tienen limitaciones, en diagnósticos precisos y en el monitoreo continuo de estructuras existentes.

REFERENCIAS

- Álvarez-Pérez, J., Mesa Lavista, M., Chávez-Gómez, J. H., *et al.* (2023). Strapping Spiral Ties for Short Tie-Columns in Confined Masonry Walls Using a Micro-Numerical Model, *Ingeniería e Investigación*, 43(2), e97253, <https://doi.org/10.15446/ing.investig.97253>
- Anterrieu, O., Giroux, B., Gloaguen, E., *et al.* (2019). Non-destructive data assimilation as a tool to diagnose corrosion rate in reinforced concrete structures, *Journal of Building Engineering*, 23, 193-206, <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2019.01.033>
- Galantucci, R.A., y Fatiguso, F. (2019). Advanced damage detection techniques in historical buildings using digital photogrammetry and 3D surface analysis. *Journal of Cultural Heritage*, 36, 51-62, <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.09.014>
- García, J.E., Chávez, J.H., Terán, B.T., *et al.* (2019). *Metodología para el estudio experimental del comportamiento histerético de una unión viga-columna de concreto reforzado con fibras de acero adicionada*, XXII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Nuevo León, México.



Los grupos funcionales en nuestra vida diaria

Sharon Rosete-Luna*, Delia Hernández-Romero*

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-7>

RESUMEN

Todos sabemos que a diario utilizamos compuestos químicos de una u otra forma, incluso que son parte de nuestro cuerpo, sin embargo, nos es difícil reconocer algunas partes importantes de estos compuestos. Por lo cual la finalidad de este artículo es dar a conocer algunos grupos funcionales presentes en las estructuras químicas ya que este pequeño cambio en la estructura permite que tengan diferentes características y por lo tanto innumerables usos en nuestra vida diaria.

Palabras clave: compuestos orgánicos, grupos funcionales, sabor, olor, color, felicidad.

ABSTRACT

We all know that we use chemical compounds in one way or another on a daily basis, even that they are part of our body, however, it is difficult for us to recognize some important parts of these compounds. Therefore, the purpose of this article is to present some functional groups introduce in chemical structures, since this small change in the structure allows them to have different features and therefore innumerable uses in our daily lives.

Keywords: organic compounds, functional groups, taste, smell, color, happiness.

COMPUESTOS ORGÁNICOS

Cuando hablamos de Química, de manera casi espontánea decimos "¡qué difícil es eso!", sin embargo, si conocemos algunas de las estructuras que a diario comemos, olemos, sentimos o usamos en un malestar o incluso utensilios, nos daremos cuenta que en realidad está a nuestro alrededor y además nos genera sensaciones agradables o desagradables, dependiendo del compuesto del que se trate (Colorado-Peralta y Rivera, 2014). Ya que la Química, en general, estudia todos los elementos de la tabla periódica, así como los compuestos que se obtienen al mezclarse, dando origen a propiedades físicas y químicas distintas.

Ahora bien, y en particular si se trata de Química orgánica, se refiere a todos los compuestos que derivan del carbono (C), pero ¿sabías que aun siendo sólo un elemento de la tabla periódica se conocen millones de sus combinaciones?, éstos se forman al unirse

dos o más átomos de este elemento con hidrógeno o por unión con otros elementos de la tabla periódica (nitrógeno, oxígeno, azufre, etcétera) dando origen a varios grupos funcionales. Éstos, según lo indica su nombre, asumen una función especial, y el efecto es su capacidad de unirse a otras moléculas o bien de generar color, olor o sabor diferentes (McMurry, 2012). Para conocer algunos de éstos vamos a abordar distintas estructuras químicas.

GRUPOS FUNCIONALES

Desde niños los dulces nos encantan porque nos dan un sabor muy agradable y además nos proporcionan energía para brincar, correr y jugar. Al ser mayores en muchas ocasiones utilizamos estos pequeños encantos con el objetivo de endulzarnos la vida. Pero ¿sabías que los dulces están constituidos por glucosa y fructosa?, éstos son orgánicos porque están formados principalmente con carbono, y en este caso además

* Universidad Veracruzana, Orizaba, México.
Contacto: deliahernandez@uv.mx

tienen oxígeno. Sin embargo, dependiendo de cómo está unido ese oxígeno al carbono nos dan distintos grupos funcionales. Por ejemplo, si tenemos un átomo de carbono unido a uno de oxígeno a través de un doble enlace $C=O$ es un carbonilo y podemos tener diversos grupos funcionales dependiendo a que más se una. En la glucosa el sustituyente de $C=O$ es el hidrógeno ($R-CHO$), entonces se trata de un aldehído, sin embargo, si hay dos sustituyentes diferentes al hidrógeno es una cetona ($R_2-C=O$), ese es el caso de la fructosa.

Cuando el C está unido a un OH por un enlace sencillo es un alcohol (R_3-C-OH), y se clasifican en primarios, secundarios y terciarios dependiendo a cuántos carbonos esté unido el carbono del OH. El caso de la glucosa y la fructosa es especial: si son sólidas son lineales y si se disuelven sufren una transformación, convirtiéndose en un heterociclo (Peña *et al.*, 2004), es decir, un ciclo con un átomo o más diferente al carbono formando el anillo (Hernández *et al.*, 2018), en esta metamorfosis cambia uno de sus grupos funcionales, y ahora tenemos dos carbonos unidos al oxígeno ($R-O-R$), un éter (figura 1).

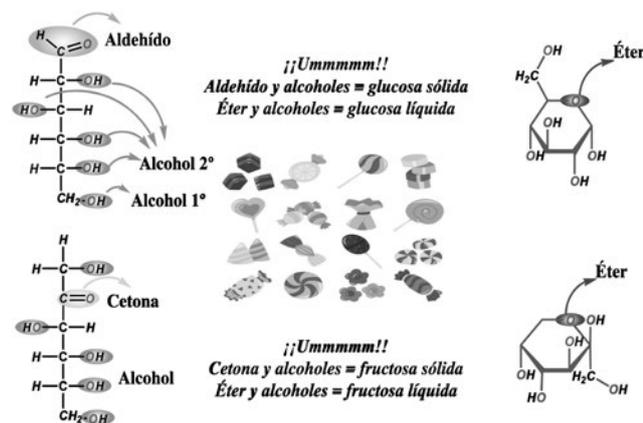


Figura 1. Grupos funcionales en azúcares.

¿Recuerdas ese olor a canela?, es parte esencial de las recetas mexicanas y de nuestro ponche navideño, ¿conoces la estructura química que deleita nuestro paladar y más aún el grupo funcional que le da ese aroma tan atractivo?, se trata del cinamaldehído, cuyo grupo funcional es un aldehído, éstos se encuentran en diferentes olores y suelen ser muy volátiles, es el caso del benzaldehído de las almendras, el rico aroma a cítricos debido al citral o el dulce olor a melón del melonal. Y aunque estemos lejos podemos percibir su agradable fragancia. Este tipo de sustancias, al tener la capacidad de generar un olor atrayente, se utilizan mucho en la preparación de perfumes (figura 2).

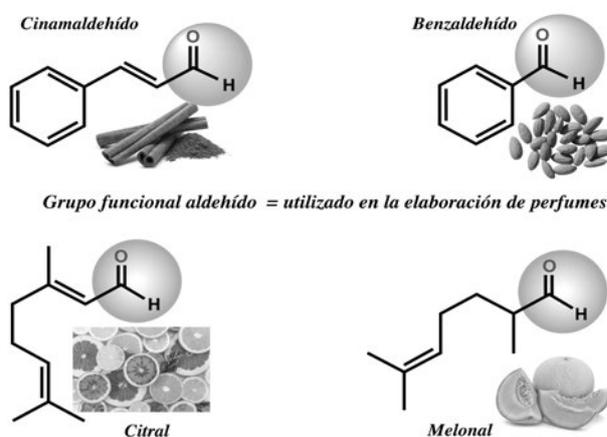


Figura 2. Aromas de aldehídos.

Otro grupo es la cetona ($R_2C=O$), la cual forma parte de algunos compuestos como la ionona, olor característico de las frambuesas. También es el típico aroma de la acetona que la mayoría conocemos, utilizada al eliminar la pintura de uñas. La progesterona es un poco más compleja, posee dos cetonas. Esta hormona presente en las mujeres está en mayor cantidad durante el embarazo, por lo cual en algunas personas gestantes el sudor tiene un olor muy característico (figura 3).

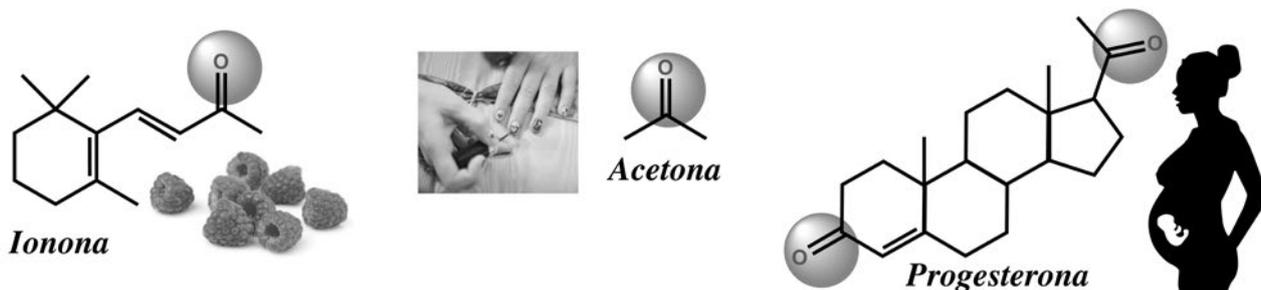


Figura 3. Estructuras con el grupo funcional cetona.

Las frutas son una delicia a nuestro paladar, nos encanta ir por el mercado y si hay un olor deleitable seguro vamos a parar y comprarlas. Pero ¿por qué ese aroma y sabor tan especial que las hace inconfundibles? Vamos a revisar algunas de sus estructuras: el plátano tiene un compuesto llamado etanoato de isopentilo, en éste tenemos un grupo con un C=O, pero ahora está unido a otro oxígeno un sustituyente (R-COOR o RCO₂R). Los ésteres son los responsables de dar ese aroma tan especial en frutas (manzana, uva, naranja, durazno, peras, etcétera), algunos ejemplos los podemos observar en la figura 4.

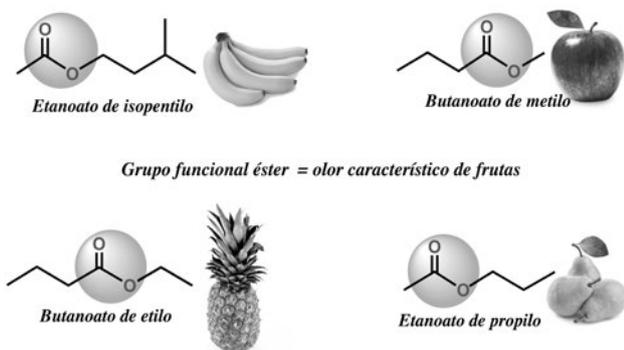


Figura 4. Grupo funcional éster y las frutas.

En más de una ocasión hemos tenido dolor de cabeza y un medicamento de elección es la aspirina ¿sabías que en la obtención de este valioso fármaco se requiere del anhídrido acético, cuyo grupo funcional es un anhídrido carboxílico y se trata de dos carbonilos unidos a través de un oxígeno (RCO)₂O? Además, son parte de la estructura inicial el ácido carboxílico y el alcohol que se transforma a un éster durante la reacción (figura 5).

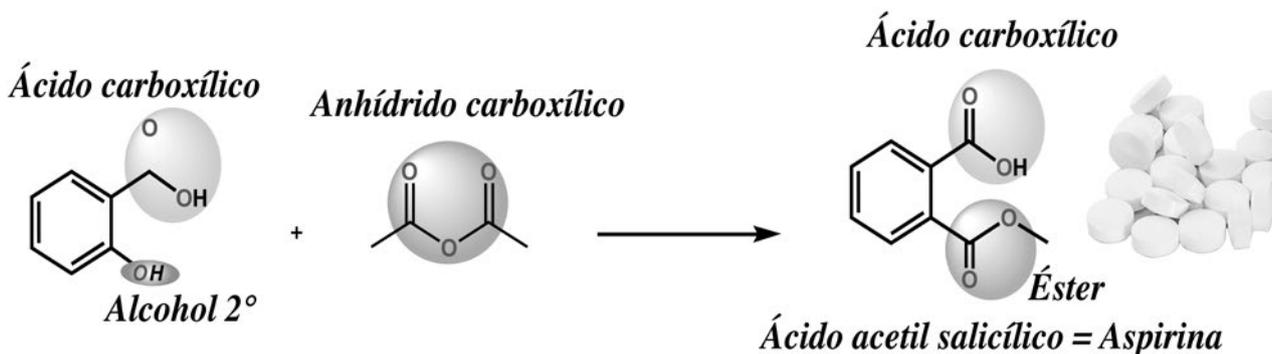


Figura 5. Un anhídrido para obtener aspirina.

Cuando vamos a salir a una comida campestre estamos preocupados por los molestos mosquitos, y optamos por utilizar un repelente. ¿Te has detenido a revisar en la etiqueta el contenido? De manera frecuente se utiliza el DEET (N, N-Dietil-meta-toluamida) una sustancia con una amida de grupo funcional. Se trata del C=O, pero ahora unido a un NH₂ que resulta en R-CONH₂, es decir, una amida primaria, y si los hidrógenos del nitrógeno se sustituyen tenemos amidas secundarias (R-CONH-R) y terciarias (R-CON-R₂).

Un compuesto con amida secundaria es el ácido pantoténico o vitamina B5 utilizada en el cuidado de la piel en diferentes cremas, debido a su capacidad hidratante, además, presenta ácido carboxílico y alcohol como grupos funcionales. Por su parte, la acrilamida se forma durante el proceso de cocción de los alimentos, sobre todo al freír, tostar o asar, aunque pequeño es perjudicial para la salud, en este caso encontramos una amida primaria (figura 6) (Quesada-Valverde *et al.*, 2022).

De la misma familia con nitrógeno tenemos las aminas, en las que un carbono está directamente unido al nitrógeno, y al igual que en las amidas depende de cuántos hidrógenos estén sustituidos, pueden ser primarias, secundarias, terciarias y al ser sustituido su par de electrones forma sales de amonio cuaternarias con el contraión que corresponda (R-NH₂; R-NH-R; R-NH-R₂; R-N⁺X-R₂), respectivamente. La fenilalanina es un aminoácido esencial que se relaciona con nuestro buen humor, ya que estimula la producción de endorfinas (hormonas de la felicidad), este aminoácido posee en su constitución una amina primaria.

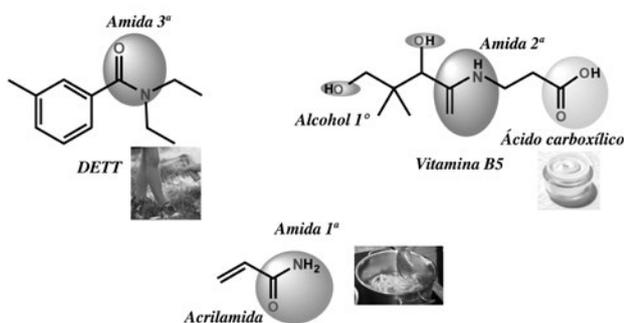


Figura 6. Grupo funcional amida.

Cuando estamos muy entusiasmados tenemos una sensación muy peculiar en nuestro cuerpo, se trata de la secreción del neurotransmisor adrenalina o epinefrina, que provoca que aumente nuestra frecuencia cardíaca, en este caso la estructura responsable guarda una amina secundaria.

La colina es un compuesto muy importante para el organismo, ya que ayuda a nuestro cerebro a regular la memoria y estado de ánimo, además de otras funciones vitales. En este caso el responsable tiene una amina y al estar completamente sustituida se trata de una sal de amonio cuaternaria (figura 7).

Hoy en día el plástico es parte de la vida diaria, desde las pequeñas tapitas de las botellas de agua, guantes, utensilios de plástico, todos los plásticos que son indispensables en nuestra rutina, además de otras fibras sintéticas. Pero ¿qué es eso de plás-

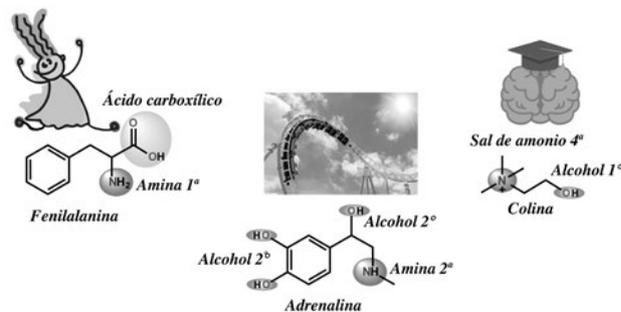


Figura 7. Estructuras con el grupo funcional amina.

tico?, ¿sabes que está formado por una pequeña composición que se repite “n” número de veces formando un polímero?

En la preparación de distintos tipos de polímeros se utiliza el acrilonitrilo, una pequeña estructura formada por un doble enlace (alqueno) y un nitrilo o ciano, es decir, un carbono unido por tres enlaces a un nitrógeno. Un ejemplo más es el fenvalerato, pesticida utilizado contra diversos tipos de plagas, que además posee otros grupos funcionales identificados anteriormente (figura 8).

¿En alguna ocasión has visto películas en las que los cohetes van al espacio? Te has dado cuenta que hacen una gran explosión para poder tener el impulso, pues el combustible utilizado es el trinitrotolueno, un anillo aromático que tiene tres grupos nitro, es decir, un nitrógeno unido a dos oxígenos (R_3C-NO_2), éste es muy explosivo a determinada temperatura (figura 9).

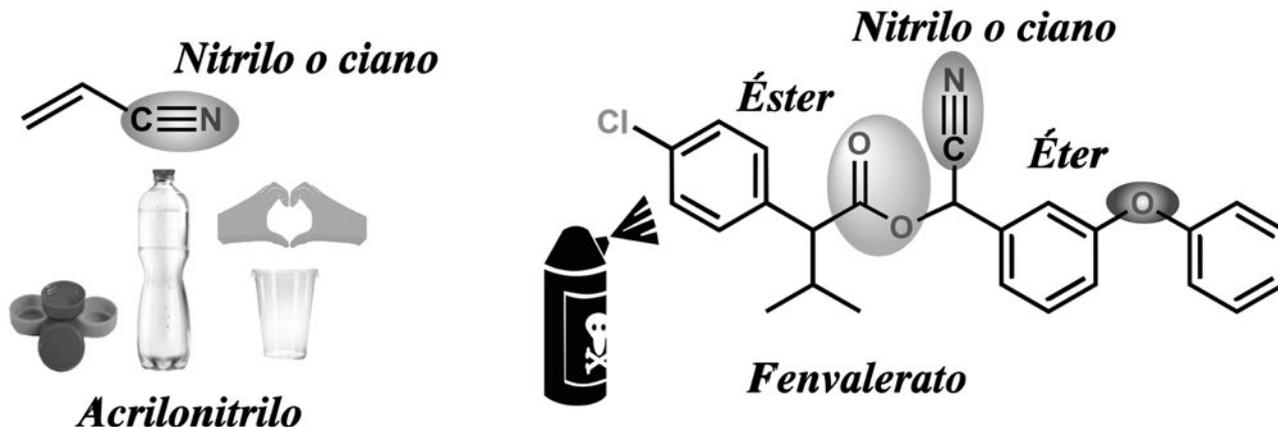


Figura 8. Estructuras con el grupo funcional nitrilo o ciano.

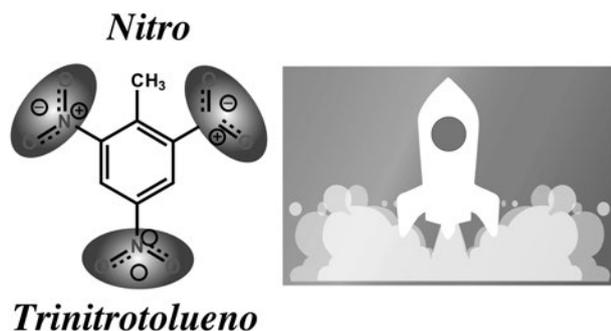


Figura 9. Grupo funcional nitro.

CONCLUSIONES

En Química orgánica, la base de los grupos funcionales es el carbono, unido a uno o a un conjunto de átomos (hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, etcétera), en un arreglo determinado. De ahí resultan características muy especiales en los compuestos orgánicos que se ven reflejadas en sus propiedades químicas y físicas necesarias para cambiar color, olor, sabor o bien ser utilizados en mejorar la salud o incluso como utensilios.

Reconocerlos nos permite darnos cuenta de que no estamos alejados de la Química, ya que en realidad día a día es parte de nuestras actividades. Además, identificarlos con sus respectivos grupos funcionales nos facilita entender por qué siendo estructuras con carbono pueden ser tan disimiles unas de las otras.

REFERENCIAS

- Colorado-Peralta R., Rivera, J.M. (martes 25 de agosto de 2014). La química del sabor, *Diario Xalapa*, 3E, <https://www.uv.mx/cienciauv/files/2014/08/Quimica-del-Sabor-00.pdf>
- Hernández-Romero, D., García-Barradas, O., Colorado-Peralta, R., *et al.* (2018). Heterociclos pequeñas y maravillosas estructuras en el organismo humano. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 19(4), <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n4.a3>
- McMurry, J. (2012). *Química orgánica*, Cengage Learning Editores.

Peña, D.A., Arroyo, B.A., Gómez, P.A., *et al.* (2004). *Bioquímica*. Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores.

Quesada-Valverde, M., Artavia, G., Granados-Chinchilla, F., *et al.* (2022). Acrylamide in foods: from regulation and registered levels to chromatographic analysis, nutritional relevance, exposure, mitigation approaches, and health effects. *Toxin Reviews*, 41(4), 1343-1373, <https://doi.org/10.1080/15569543.2021.2018611>

Recibido: 05/12/2022.
Aceptado: 27/09/2023.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Tendencias Educativas

Actitudes de jóvenes universitarios hacia las personas adultas mayores

Angelly Villarreal-Salazar*

ORCID: 0000-0002-1051-0405

María Cristina Enríquez-Reyna*

ORCID: 0000-0002-7720-4269

Perla Lizeth Hernández Cortés*

ORCID: 0000-0001-9185-9416

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-8>

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: angelly.villarrealst@uanLedu.mx
maria.enriquezryb@uanLedu.mx



A nivel mundial se espera un incremento en la población de personas adultas mayores (PAM), constructo que, en países en vías de desarrollo, se utiliza en el conteo de quienes tienen 60 o más años; en México, en 2030 habrá 20.4 millones de individuos de avanzada edad y en 2050 representarán 22% de la población (Conapo, 2018). En Nuevo León, 48.9% de éstos consideran que son poco o nada valorados, y 61.1% que su experiencia no es estimada por la familia (Rodríguez, 2023). Además, 52.1% piensa que la edad es un motivo de discriminación (CVNL, 2022). Este fenómeno es reconocido como edadismo.

El incremento de la población de PAM pone en relieve la necesidad de preparar de manera adecuada a los jóvenes universitarios del área de la salud y sus campos afines, en su cuidado y atención, e incentivar acciones positivas hacia los mismos dado que se espera que durante su trayectoria profesional estén en contacto con dicha población cuyas demandas atencionales son altas e implican niveles de empatía considerables (Enríquez-Reyna *et al.*, 2022; Forlenza *et al.*, 2019; Hernández-Vicente *et al.*, 2018; Jester *et al.*, 2021).

Las actitudes se definen como una predisposición para sentir, percibir o comportarse en dirección de un referente: una persona o un hecho; éstas pueden tomar un tono alentador o positivo en el que se enaltezca y favorezca, o bien, adoptar una tonalidad nociva con efecto contrario. Las segundas dan lugar a conductas discriminatorias y a situaciones en las que se recibe un trato peor o diferente por su edad (Sarabia y Castanedo, 2015). Según los profesionales, estas expresiones se han asociado a una infame calidad de los servicios de salud (Altın y Buran, 2022).

Una gran cantidad de las investigaciones que abordan las actitudes de los estudiantes con las personas mayores se han centrado en las áreas de medicina y enfermería, a pesar del importante rol que tienen otras profesiones, como la terapia y las ciencias de la actividad física (Forlenza *et al.*, 2019; Jester *et al.*, 2021). El objetivo fue analizar el trato hacia esta población por parte de jóvenes universitarios estudiantes de una dependencia del área de la salud con énfasis en el ejercicio de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Como objetivo secundario se analizaron las diferencias por sexo al respecto de las percepciones positivas y negativas sobre las PAM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de enfoque cuantitativo y diseño descriptivo analítico y comparativo. La población se conformó por 1,015 alumnos de una dependencia del área de la salud durante el semestre agosto-diciembre 2022. La muestra no probabilística fue de 324 participantes. La encuesta fue en línea, difundida por redes de comunicación oficiales de la dependencia. Se incluyó al alumnado de dos programas de licenciatura relativa al ejercicio y terapia física, que aceptaron participar de manera voluntaria mediante la autorización con el consentimiento informado. Se recopilaron datos personales como sexo, edad, ocupación y convivencia.

Las actitudes en torno al envejecimiento se evaluaron con la Escala de Actitudes hacia el Adulto Mayor de Kogan (Kogan, 1961), la cual consta de 34 ítems, 17 positivas y 17 negativas, que se evalúan mediante una escala tipo Likert que va desde "muy en desacuerdo" hasta "muy de acuerdo" con seis opciones de respuesta. El puntaje mínimo es 34 y el máximo 204, si incrementa éste, también lo hace la postura positiva con el adulto mayor. Los ítems negativos deben recodificarse y cuantificarse de manera inversa. La escala ha mostrado valores aceptables de confiabilidad ($\alpha=0.70$ a 0.75) y validez con el coeficiente Kaiser Meyer-Olkin = $.705$, en universitarios mexicanos (Enríquez-Reyna *et al.*, 2022). Para la interpretación de los datos se presenta la sumatoria por subescala y de la escala completa. Se consideraron ítems destacados los que superaban el valor de la media de respuesta por subescala.

Los datos se analizaron en el paquete estadístico Statal Package for Social Sciences (SPSS) versión 26.0. Se revisaron los valores de asimetría y curtosis por ítem, además de la confiabilidad de la escala con el coeficiente alfa de Cronbach. Las diferencias por sexo se estimaron con pruebas U de Mann Whitney (distribución no paramétrica). El proyecto se registró en la Coordinación de Investigación

de la dependencia y se apegó a los aspectos éticos que refiere la Declaración de Helsinki en investigación con seres humanos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Participaron 324 estudiantes con edad promedio de 19.12 años ($DE= 2.03$), 67% ($n=217$) del sexo masculino. Se observaron datos de confiabilidad y validez aceptables en la escala aplicada. En promedio la muestra completa presentó una sumatoria de 127.48 ($DE = 12.51$) sin diferencias por sexo (126.38 ± 13.05 en mujeres; 128.01 ± 12.23 en hombres; $p > .05$). La puntuación de actitudes positivas fue superior a las negativas (66.14 ± 9.01 vs 61.33 ± 9.70). Los aspectos favorables destacados hacen alusión a percepción de que las PAM buscan mantenerse independientes, son confiables, sabias y agradables (figura 1).

En contraste, lo negativo hace alusión a preferencias por la exclusión de las PAM, dificultades para la convivencia, descuido personal y del hogar e incomodidad en el trato por su estado de ánimo (figura 1).

Las mujeres puntuaron más alto que los hombres sobre la actitud: "Los adultos mayores deberían tener más poder en los negocios y la política" ($p<.05$). Los ítems "La mayoría de los adultos mayores hacen que uno se sienta incómodo" y "La mayoría de los adultos mayores aburren a otros al insistir en querer hablar acerca de los viejos tiempos" generaron también diferencias significativas con valores superiores en hombres respecto de las mujeres ($p<.01$).

Los resultados concuerdan con los reportados por Forlenza *et al.* (2019), Gutiérrez y Ma-

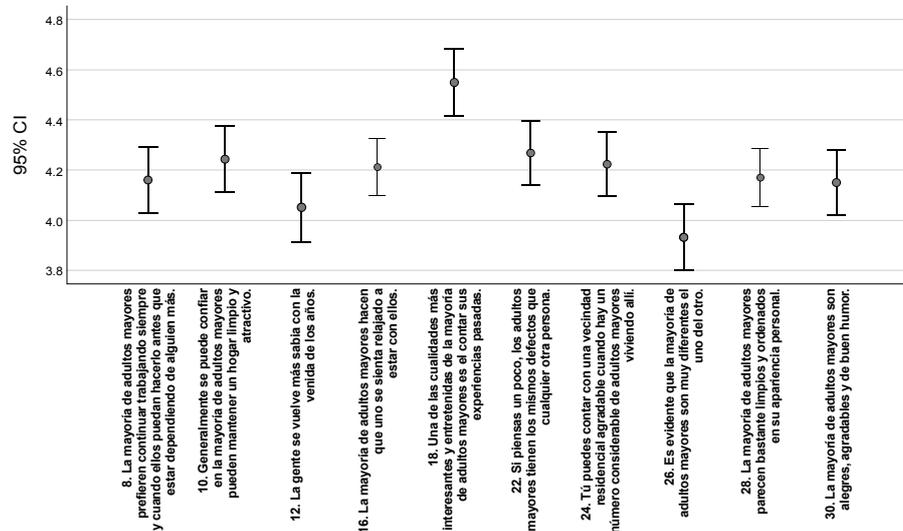


Figura 1. Actitudes positivas destacadas entre los jóvenes universitarios.

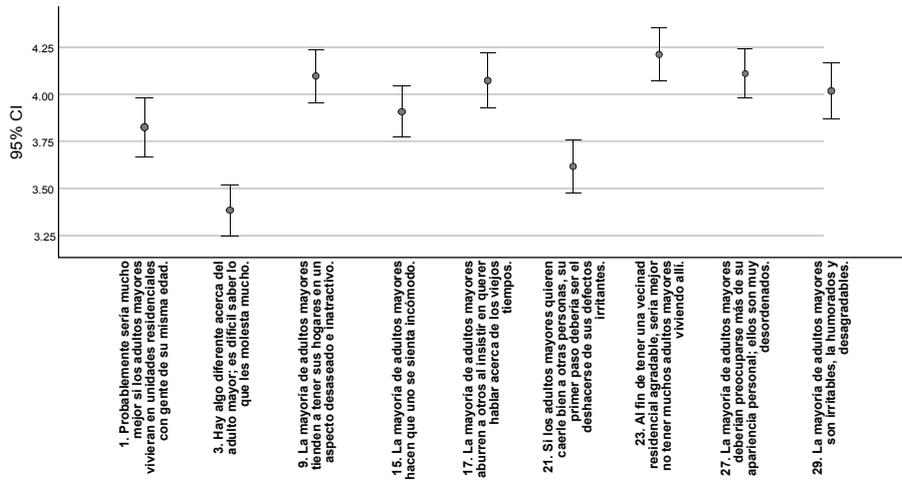


Figura 1. Actitudes negativas destacadas entre los jóvenes universitarios.

yordomo (2019) y Jester *et al.* (2021), mientras que contrastan con los hallazgos en una muestra de estudiantes de enfermería de Zacatecas (Enriquez *et al.*, 2022). Aspectos culturales específicos del contexto deben estar contribuyendo a las percepciones destacadas de los participantes de la muestra. En reportes previos con jóvenes, la edad, el nivel educativo y vivir en una ciudad densamente poblada se ha asociado a una imagen optimista, sociable y activa de la vejez (Melgar, Nicolás y Basile, 2014).

La teoría de la amenaza del terror se basa en tres argumentos que explican los procesos de discriminación contra las PAM: la amenaza de muerte que representan, de animalidad o deterioro corporal y de insignificancia que produce ansiedad y afecta la autoestima (Campillay-Campillay *et al.*, 2021). Diferentes autores señalan que las acti-

tudes negativas hacia las PAM entre los alumnos universitarios pudieran deberse al bajo interés en desempeñarse en el área de la geriatría, lo cual se relaciona con la percepción de un ambiente de trabajo poco favorable, la alta prevalencia de enfermedades crónico no transmisibles y a la falta de retos profesionales (Even-Zohar y Werner, 2020; Forlenza *et al.*, 2019). Por otra parte, en estudiantes del área de la actividad física se ha reportado que la edad de los pacientes influye en la prescripción de ejercicio; en los mayores la intensidad y la duración de las rutinas prescritas es menor en comparación con los más jóvenes (Eswaran y Meisner, 2022).

CONCLUSIONES

Las actitudes negativas que sobresalieron hacen alusión a preferencias por la exclusión de las PAM, dificultades en la convivencia, descuido perso-

nal y del hogar e incomodidad en el trato por su estado de ánimo. Se recomienda la implementación de estrategias educativas que favorezcan el contacto de los jóvenes universitarios con los adultos mayores con el objetivo de promover el conocimiento intergeneracional y disminuir las ideas estereotipadas y sus consecuencias.

REFERENCIAS

- Altin, Z., y Buran, F. (2022). Attitudes of health professionals toward elderly patients during the COVID-19 pandemic, *Aging Clinical and Experimental Research*, 34, 2567-2576, <https://doi.org/10.1007/s40520-022-02209-6>
- Campillay-Campillay, M., Calle-Carrasco, A., Rivas-Rivero, E., *et al.* (2021). Ageism as an invisible sociocultural phenomenon that affects and excludes the care of the elderly, *Acta Bioethica*, 27(1), 127-135, <https://dx.doi.org/10.4067/S1726-569X2021000100127>
- Consejo Nacional de Población. (2018). *Proyecciones de la población de México y de las entidades federativas, 2016-2050*, <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>
- Cómo Vamos, Nuevo León. (2022). *Así vamos 2022. Encuesta de percepción ciudadana*, <https://comovamosnl.org/wp-content/uploads/2023/02/AsiVamos-2022.pdf>
- Enríquez-Reyna, M.C., Rocha Aguirre, L.L., De la Fuente-De la Torre, N., *et al.* (2022). Análisis de actitudes y percepciones hacia el envejecimiento en estudiantes de enfermería en Zacatecas, México, *SANUS*, 7(1), e225, <https://doi.org/10.36789/revsanus.vi1.225>
- Eswaran, A., y Meisner, B.A. (2022). Influence of Ageism on Physical Activity Prescription for Prediabetes Management, *Journal of Aging and Physical Activity*, 30(5), 880-884, <https://doi.org/10.1123/japa.2021-0199>
- Even-Zohar, A., y Werner, S. (2020). The Effect of Educational Interventions on Willingness to Work with Older Adults: A Comparison of Students of Social Work and Health Professions, *Journal of Gerontological Social Work*, 63(1-2), 114-132, <https://doi.org/10.1080/01634372.2020.1712511>
- Forlenza, S.T., Bourassa, D., Lyman, M., *et al.* (2019). Ageism, Priming, and Working with Older Adults Among Undergraduate Exercise Science Students, *Physical y Occupational Therapy in Geriatrics*, 37(1), 50-66. <https://doi.org/10.1080/01634372.2020.1712511>

org/10.1080/02703181.2019.1611691
Gutiérrez, M., y Mayordomo, T. (2019). La discriminación por edad: un estudio comparativo entre estudiantes universitarios. *Acta Colombiana de Psicología*, 22(2), 53-69, <https://doi.org/10.14718/acp.2019.22.2.4>

Hernández-Vicente, I.A., Moguel-Ortiz, O., Hernández-Ramírez, M., et al. (2018). Actitud de los estudiantes de enfermería hacia los adultos mayores evaluada con las escalas de Osgood y Kogan, *Enfermería Universitaria*, 15(2), 147-158, <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2018.2.65172>

Jester, D.J., Hyer, K., Wenders, A., y Andel, R. (2021). Attitudes toward aging of health professions students: Implications for geriatrics education, *Gerontology y Geriatrics Education*, 42(4), 589-603, <https://doi.org/10.1080/02701960.2020.1835657>

Kogan N. (1961). Attitudes toward old people: The development of a scale and an

examination of correlates, *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 62(1), 44-54, <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0048053>

Melgar, M.F., Nicolás, F., y Basile, M.V. (2014). *Los espacios de vinculación intergeneracional para los jóvenes y adultos mayores*, <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2014/01/50051.pdf>

Rodríguez, E. (15 de junio de 2023). Toman conciencia de salud mental y emocional de adultos mayores, *Vida Universitaria*, <https://vidauniversitaria.uanl.mx/campus-uanl/toman-conciencia-de-salud-mental-y-emocional-de-adultos-mayores/>

Sarabia, M.C, y Castanedo, C. (2015). Modificación de estereotipos negativos en la vejez en estudiantes de enfermería, *Gerokomos*, 26(1), 10-12, <https://dx.doi.org/10.4321/S1134-928X2015000100003>

Recibido: 03/11/2022.
Aceptado: 20/08/2023.

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



Amibas de vida libre: microorganismos patógenos potencialmente mortales para el humano

Paula Guzmán-Téllez *
ORCID: 0000-0003-1608-7406

Nadia Flores-Huerta **
ORCID: 0000-0002-5780-1453

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.124-9>

* Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco, Ciudad de México, México.

** Asociación para Evitar la Ceguera en México, I. A. P., Ciudad de México, México.
Contacto: pauguzte@gmail.com, fnadia3121@gmail.com

AMIBAS DE VIDA LIBRE

Las amibas de vida libre (AVL) se definen como un grupo de organismos unicelulares que requieren oxígeno -protozoarios aeróbicos- y que están ampliamente distribuidos en la naturaleza: agua, aire y suelo de todos los continentes (Trabelsi *et al.*, 2012). Éstas se encuentran clasificadas, según sus características, en los supergrupos: Amoebozoa: Acanthamoebidae (en el que se engloban la mayoría de las especies de AVL y que incluye a los géneros *Acanthamoeba* y *Balamuthia*), Excavata: Heterolobosia: Vahlkampfiidae (150 especies caracterizadas por su capacidad de enflagelación, siendo las más representativas las del género *Naegleria*), Amoebezoa: Flabellinea: Thecamoebidae (que incluye a las amibas del género *Sappinia*), y los supergrupos Rhizaria (formado por cercozoos filosos y reticulosos) y Opisthokonta (que comprende a los géneros *Nuclearia* y *Fonticula*) (Trabelsi *et al.*, 2012; Samba-Louaka *et al.*, 2019). De acuerdo con datos obtenidos de estudios de secuenciación de la subunidad 16S del rRNA de estos tipos de AVL, se ha encontrado que las amibas *Acanthamoeba* y *Balamuthia* están estrechamente relacionadas filogenéticamente, a diferencia de *Naegleria* y *Sappinia* (Schuster y Visvesvara, 2004).

Los géneros y especies *Acanthamoeba* spp., *Balamuthia mandrillaris*, *Naegleria fowleri* y *Sappinia pedata* son de interés médico y veterinario por ser los causantes de enfermedades con una alta tasa de mortalidad; de manera que son considerados microorganismos con una pobre adaptación al parasitismo pues al infectar a un huésped consiguen llevarlo rápidamente a la

muerte (desde días a pocos meses). Es importante mencionar que la diseminación y transmisión de las AVL de interés médico no depende de la intervención de un hospedero y son considerados microorganismos anfitoicos, es decir que aunque para cumplir su ciclo de vida no necesitan de otro organismo, cuentan con la capacidad de infestar a otras especies (Schuster y Visvesvara, 2004; Król-Turmińska y Olender, 2017).

Este trabajo está específicamente enfocado en los protozoarios patógenos *Acanthamoeba* spp. y *Naegleria fowleri*, los cuales pueden ocasionar trastornos graves o fatales en los ojos o en el sistema nervioso central (SNC) en humanos (figura 1). *Acanthamoeba* spp. causa encefalitis amibiana granulomatosa (EAG) y queratitis amibiana (QA) (figura 1a); *Naegleria fowleri*, meningoencefalitis amibiana primaria (MAP) (figura 1b). Son consideradas oportunistas en personas con debilitamiento del sistema inmunitario, aunque también afectan a individuos sanos. Los casos reportados se relacionan con exposición al agua salina, suelo o lentes de contacto contaminados (*Acanthamoeba* spp.), y cuerpos de agua dulce (*Naegleria fowleri*).

Es importante mencionar que algunas especies de *Acanthamoeba* spp. y *Naegleria* spp. son termotolerantes, es decir, soportan temperaturas de hasta 45°C. Esto no es determinante en su peligrosidad, pero favorece su presencia en el ambiente y el proceso de propagación en los meses con climas de templados a cálidos. También parecen mantener una relación endosimbiótica con algunas de las bacterias que consumen,

al habitar dentro de ellas, las amibas sirven como “caballo de Troya” para otros microorganismos (Kofman y Guarner, 2022; Mungroo *et al.*, 2022; Schuster y Visvesvara, 2004).

ACANTHAMOEBIA SPP.

Acanthamoeba puede existir en dos formas: trofozoítos activos y quistes latentes (figura 1a). Los trofozoítos (15-45 µm) son la fase metabólica y reproductivamente activa de la amiba. Tienen una forma irregular, dentro del núcleo presentan un gran nucléolo central característico, cuentan con pseudópodos (prolongación del citoplasma de algunos organismos unicelulares) que le permiten moverse; mientras que los acantópodos (forma de espinas) son responsables de la adhesión a superficies inertes-biológicas. La transformación de trofozoítos a quistes (10-25 µm) se da bajo condiciones estresantes, como falta de alimento (inanición) o agua (deshidratación).

Los quistes son estructuras redondas rodeadas por una cápsula de celulosa (endoquiste interno y un ectoquiste externo) y representan la forma de resistencia e inmóvil de este microorganismo. Antes de las técnicas basadas en el material genético de las amibas, hasta principios de la década de 2000, los estudios basados en las diferencias de las formas de los trofozoítos o quistes permitieron la descripción de más de 30 especies en este género (Kong *et al.*, 2000; Fuerst y Booton, 2020; Qvarnstrom *et al.*, 2013).

Actualmente, la secuenciación del ADN del gen 18S rRNA de aislados de *Acanthamoeba* se convirtió en el estándar de oro para descifrar el código genético de cualquier cepa que hubiera sido aislada de fuentes clínicas o ambientales. Se-

gún estudios genómicos, el género *Acanthamoeba* es diverso, consta de al menos 22 genotipos (T1-T22), el T4 es el más encontrado en casos de infección (Mungroo *et al.*, 2022).

De las especies identificadas y aisladas de infecciones en cerebro y ojos humanos se encuentran: *A. castellanii*, *A. healyi*, *A. culbertsoni*, *A. polyphaga* y *A. triangularis* (González-Robles *et al.*, 2017; Omaña-Molina *et al.*, 2019; Rayamajhee *et al.*, 2022; Damhorst *et al.*, 2022). Puede contaminar el sistema nervioso, causando encefalitis (EAG), y a los ojos, produciendo queratitis (QA) (figura 1a).

Encefalitis amebiana granulomatosa (EAG)

Epidemiología: es difícil encontrar datos definitivos de ésta, debido a la falta de un seguimiento adecuado, deficiencias en sistemas de atención médica, experiencia diagnóstica limitada, etcétera. Se estima que la enfermedad ocurre principalmente en hombres de entre 20-40 años, con tasas de supervivencia de 2 a 3% (es decir, alta mortalidad). A nivel mundial, hasta 2019 se reportaron poco más de 200 casos. En México, recientemente se han presentado algunos, además, grupos de investigación muestrean zonas potencialmente contaminadas para la identificación de este microorganismo y la obtención de datos ecoepidemiológicos (Aparicio *et al.*, 2021; Bonilla-Lemus *et al.*, 2010; Mungroo *et al.*, 2022; Ortiz Ortega *et al.*, 2012; Rodríguez-Pérez *et al.*, 2017).

Clínica: debido a la similitud de síntomas con las infecciones causadas por otros microorganismos patógenos del SNC (hongos, virus y bacterias), el diagnóstico es confuso

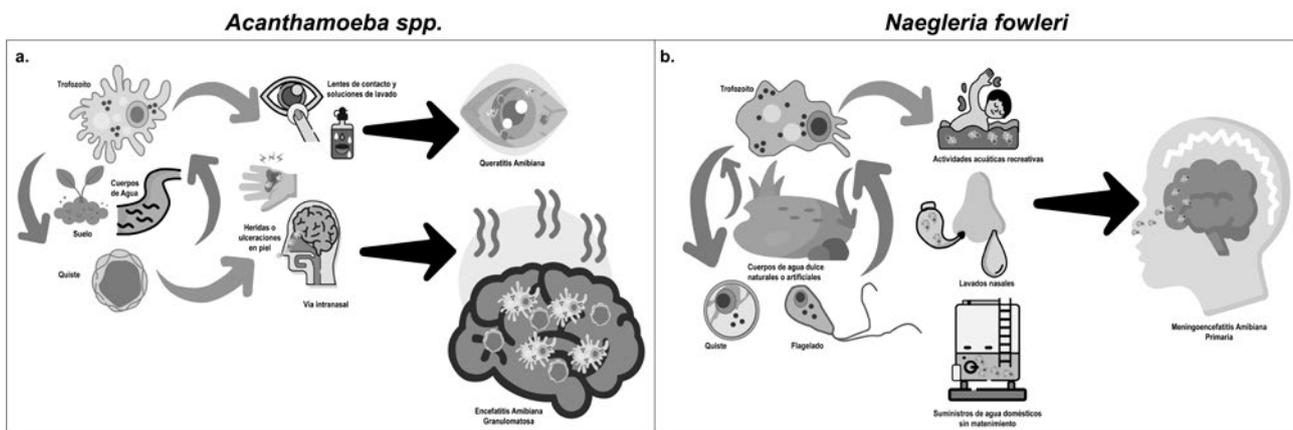


Figura 1. Ciclo de vida de *Acanthamoeba* spp. y *Naegleria fowleri*. a. *Acanthamoeba* spp. se encuentra en suelo, cuerpos de agua y aire. Su ciclo tiene dos fases: trofozoíto y quiste y puede infectar al humano a través del mal uso de lentes de contacto. b. *Naegleria fowleri* se encuentra en cuerpos de agua dulce. Su ciclo tiene tres fases: trofozoíto, flagelado y quiste, e infecta al humano vía intranasal al estar en contacto con agua contaminada.

y está vinculado a la experiencia y conocimiento del médico y el analista de laboratorio. Las principales señales incluyen fiebre, dolor de cabeza, hemiparesia, náuseas, convulsiones, parálisis de nervios craneales, tortícolis, cambios de personalidad, disminución del nivel de conciencia y coma (Kofman y Guarner, 2022; Mungroo *et al.*, 2022).

Diagnóstico: se basa en la detección de lesiones cerebrales a través de resonancia magnética nuclear o tomografía computarizada, detección de pleocitosis con aumento de leucocitos polimorfonucleares y proteínas en líquido cefalorraquídeo (LCR), ensayos de inmunofluorescencia indirecta y tinciones (Wright, Giemsa y tricrómica). En su confirmación se observan, por microscopía óptica o confocal, los materiales de desbridamiento, biopsias y frotis de córnea, soluciones para lentes de contacto, lentes de contacto, LCR o biopsia cerebral. Además de técnicas moleculares, por ejemplo, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y sus variantes, con una sensibilidad de hasta 94% (Kofman y Guarner, 2022; Mungroo *et al.*, 2022). Es preciso mencionar que una exhaustiva entrevista médica (anamnesis) efectuada por el profesional

médico –orienta el diagnóstico oportuno. La información recopilada al paciente o sus familiares es crucial para sopechar de este tipo de infección por AVL.

Tratamiento: las pocas recuperaciones han sido tratadas con un esquema que comprende una gran variedad de fármacos, por ejemplo, isetionato de pentamida, cotrimoxazol, azitromicina, metronidazol, flucitosina, fluconazol, ketoconazol, clotrimazol, miconazol, voriconazol, amfotericina B, trimetoprima-sulfametoxazol y miltefosina durante 1-6 meses. Recientemente se ha demostrado que la eficacia de los compuestos contra *Acanthamoeba* spp. se mejoraría mediante la síntesis de nanopartículas de plata u oro conjugadas con fármacos (Kofman y Guarner, 2022; Mungroo *et al.*, 2022).

Prevención: la mortalidad se acerca a 100%, con muy pocos sobrevivientes, por lo que se sugiere evitar aguas o ambientes terrestres potencialmente contaminados. Los pocos pacientes recuperados registrados se han asociado con un dictamen temprano y el inicio de la terapia combinada (Kofman y Guarner, 2022; Mungroo *et al.*, 2022).

Vacunas: a la fecha no hay investigaciones enfocadas en estrategias de inmunización.

Queratitis amibiana (QA)

Epidemiología: es una afección rara y con datos epidemiológicos heterogéneos. Estudios demuestran tasas de incidencia variable en todo el mundo. Con inferencias de hasta 3.3 por 1,000 usuarios de lentes de contacto en Hong Kong, 0.5 por 1,000 en Holanda, 0.1 por 1,000 en Estados Unidos, 14.9 por 1,000 en Escocia y hasta 1.9 por 1,000 en Inglaterra. En México tampoco hay datos definitivos, sólo dos casos han sido recientemente reportados (Mungroo *et al.*, 2022; Niederkorn, 2021; Omaña-Molina *et al.*, 2019; Villa-Ramírez *et al.*, 2015).

Clínica: incluye dolor ocular, enrojecimiento, visión borrosa, fotofobia, lagrimeo y sensación de cuerpo extraño. En el examen oftalmológico se observan signos como infiltrados epiteliales, estromales y anulares, y perineuritis. Las complicaciones varían en severidad: glaucoma secundario, atrofia del iris, cataratas y en un extremo la pérdida de la visión en el ojo. Raramente ocurre escleritis, uveítis anterior, coriorretinitis y vasculitis retiniana (Szentmary *et al.*, 2019). Los factores de riesgo asociados con malos resultados incluyen un diagnóstico tardío o erróneo, un malestar no relacionado con la natación, mala agudeza visual preliminar, uso de lentes de contacto, presencia de un defecto epitelial y tratamiento inicial con corticosteroides (Niederkorn, 2021; Szentmary *et al.*, 2019).

Diagnóstico: establecerlo es difícil, pues frecuentemente se confunde

con infecciones por adenovirus y virus herpes simplex. La principal herramienta con la que se cuenta es el examen oftalmológico; además, cuando se utiliza microscopía confocal *in vivo* se puede apreciar la presencia de quistes que aparecen a modo de estructuras esféricas hiperreflectantes, mismas que manifiestan un nucléolo grande y denso característico de las AVL. La PCR y el examen histopatológico son otros métodos empleados (Szentmary *et al.*, 2019).

Tratamiento: implica una combinación de agentes tópicos antimicrobianos que ataquen las formas de trofozoíto y quiste. Las biguanidas (polihexametileno biguanidan o clorhexidina) se consideran los agentes de primera línea más efectivos. También se prescriben diamidinas aromáticas: propamidina o neomicina. Por lo general, el tratamiento se administra durante seis a 12 meses (Szentmary *et al.*, 2019).

Prevención: con los lentes de contacto: limpieza utilizando soluciones estériles, preferir desechables, llevar a cabo una exhaustiva rutina de lavado de manos previo a la colocación y retiro, evitar el uso por días completos sin retirarlos, no dormir con ellos puestos y realizar un recambio constante (no más de tres meses) (Anger y Lally, 2008).

Vacunas: se han desarrollado estrategias de inmunización en modelos animales (cerdo y hámster); sin embargo, no muestran evidencia de que se prevenga o mitigue la infección corneal (Niederkorn, 2021, Szentmary *et al.*, 2019). Un único estudio ha demostrado que la inmunización con un antígeno amibiano promueve la

elevación de la concentración de anticuerpos IgA en las lágrimas de los animales, lo que podría contribuir a reducir la severidad (Garate *et al.*, 2006).

NAEGLERIA FOWLERI

Naegleria fowleri es un ameboflagelado del género *Naegleria* considerada la única de 47 especies que es peligrosa para el humano. Es resistente a altas temperaturas y se encuentra en aguas dulces templadas (lagos, ríos, albercas, termales, depósitos domésticos). Su ciclo de vida depende de las condiciones ambientales y nutricionales, consta de: trofozoíto (15 a 25 μm) es el estadio activo y proliferativo, cuenta con forma ameboide, un núcleo con un gran nucléolo electrodenso característico, y un metabolismo primordialmente aeróbico. Es en esta fase que la amiba es invasiva e infectiva. En condiciones de falta de nutrientes se transforma a flagelado piriforme (10 a 16 μm), el cual cuenta con al menos dos flagelos, es transitorio, no infectivo y no proliferativo. El quiste (fase de resistencia) aparece en condiciones de disminución de nutrientes o estrés. Es esférico (10 a 20 μm) y se sugiere que su pared es de celulosa y quitina. Recientemente se propuso que pudiera ser infectivo (Marciano-Cabral, 1988; Maciver *et al.*, 2020) (figura 1b).

Meningoencefalitis amibiana primaria (MAP)

Es un padecimiento que genera inflamación en el cerebro y meninges, lo que podría conducir a la muerte de la persona entre 5-8 días postinfección. Se adquie-

re cuando los trofozoítos de *N. fowleri* son salpicados a la nariz o inhalados al realizar actividades en cuerpos de agua dulce, al practicar lavados nasales con soluciones contaminadas con la amiba, o debido a la mala calidad del suministro doméstico (Jahangeer *et al.*, 2020) (figura 1b).

Epidemiología: se presenta con mayor frecuencia en verano, afecta principalmente a masculinos, infantes y jóvenes inmunológicamente sanos, y tiene una tasa de mortalidad de 95 a 97%. Los registros se consideran subestimados debido a la falta de pericia en el diagnóstico o por su atribución a meningitis de origen desconocido. Se han reportado 440 casos mundialmente, siendo Estados Unidos el país más afectado (Jahangeer *et al.*, 2020). En México se han documentado y confirmado nueve, los últimos cinco ocurrieron en 2020 en el estado de Guerrero (tres hombres y dos mujeres) (DGE, 2021). De acuerdo con el Reporte de Vigilancia Epidemiológica del Sinave/DGE/Salud, para la semana 32 de 2023 (hasta el 12 de agosto), se produjo un probable caso MAP en una mujer en la Ciudad de México (DGE, 2023).

Clínica: la sintomatología es común a otros cuadros de meningitis (virales o bacterianas). Aparece desde las 24 horas y hasta cinco días después del contacto con la amiba, consiste en dolor intenso de cabeza que no responde a analgésicos, fiebre superior a 38°C, alteraciones del gusto, olfato y visión, náuseas, vómito en proyectil, anormalidades del comportamiento, anorexia, confusión, irritabilidad y somnolen-

cia. En cuadros avanzados: rigidez de nuca y cuello, fotofobia, convulsiones y coma. La muerte del paciente ocurre aproximadamente en una semana (Heggie, 2010).

Diagnóstico: un historial médico que refiera una exposición directa a cuerpos de agua dulce templados y alteraciones del tracto respiratorio superior (rinitis o alergias) es sugestivo de la enfermedad. Un dictamen certero y expedito es crucial. Se realiza a partir de una muestra de LCR sometido a un examen físico, bioquímico y una observación al microscopio utilizando tinciones como Giemsa o Wright. Una prueba importante es la de enflagelación, la cual se realiza colocando el sedimento del LCR en una solución salina isotónica por 2 h a 37°C; si se observan al microscopio flagelados, se confirma. Además, se realizan ensayos de ELISA, Western blot, PCR, tomografía computarizada y resonancia magnética (da Rocha-Azevedo *et al.*, 2009; Król-Turmińska y Olender, 2017). Es importante mencionar que los trofozoítos de *N. fowleri* pueden ser confundidos con leucocitos en las muestras de LCR, por lo que el diagnóstico de MAP sería erróneo o retrasado, llevando a que la mayoría de los casos (63.7%) sean confirmados a través de biopsias posmortem empleando técnicas de tinción con hematoxilina-eosina o por establecimiento de cultivos amibianos (Schuster y Visvesvara, 2004; Zhang y Cheng, 2021).

Tratamiento: no se cuenta con un medicamento específico. La amfotericina B es la única que ha demostrado eficacia clínica por sí sola (tasa de recuperación: 2 a 5%), o bien en combinación

con antibióticos, otros antifúngicos, antiinflamatorios y medidas no farmacológicas: drenaje del LCR, hiperventilación moderada e inducción de hipotermia (Grace *et al.*, 2015).

Prevención: limitar la cantidad de agua en contacto directo con la nariz: uso de pinzas nasales en actividades acuáticas, manejo de soluciones estériles para lavado nasal, nadar en albercas adecuadamente cloradas y procurar un mantenimiento regular a los depósitos domésticos (CDC, 2020).

Vacunas: actualmente se encuentran en investigación. Utilizando el modelo murino y administrando vía intranasal lisados de *N. fowleri* se demostró una respuesta inmune tipo Th2 (Carrasco-Yépez *et al.*, 2014). En otro enfoque, la inmunización con la proteína recombinante Nfa1 de *N. fowleri* demostró un incremento en las respuestas tipo Th1 y Th2 (Lee *et al.*, 2015). Los resultados de estas aproximaciones sugieren que podrían ser eficientes en la protección contra la infección por dicha amiba.

PERSPECTIVAS EN AVL

La búsqueda de los mecanismos de patogenicidad y factores de virulencia de estos microorganismos son áreas de gran interés. Es importante la identificación de fármacos específicos contra las infecciones causadas por AVL para realizar un manejo y tratamiento adecuado de los pacientes, así como el desarrollo de vacunas enfocadas en la prevención de las enfermedades causadas por estos patógenos.

CONCLUSIONES

La divulgación del conocimiento sobre la importancia del estudio de las AVL es crucial, aun cuando hay pocos casos reportados a nivel mundial y nacional, la mortalidad asociada a ellos es muy alta, lo que lo convierte en un tema relevante de estudio.

REFERENCIAS

- Anger, C. y Lally, J.M. (2008). *Acanthamoeba*: a review of its potential to cause keratitis, current lens care solution disinfection standards y methodologies, y strategies to reduce patient risk, *Eye Contact Lens*, 34, 247-53.
- Aparicio, D.V., Bejarano, J.I.C., De los Santos, A.M., *et al.* (2021). Case Report: Granulomatous Amebic Encephalitis due to *Acanthamoeba* spp. in an Immunocompetent Pediatric Patient, *Am J Trop Med Hyg*, 105, 167-170.
- Bonilla-Lemus, P., Ramírez-Bautista, G. A., Zamora-Muñoz, C., *et al.* (2010). *Acanthamoeba* spp. in domestic tap water in houses of contact lens wearers in the metropolitan area of México City, *Exp Parasitol*, 126, 54-8.
- Carrasco-Yépez, M., Campos-Rodríguez, R., López-Reyes, I., *et al.* (2014). Intranasal coadministration of Cholera toxin with amoeba lysates modulates the secretion of IgA y IgG antibodies, production of cytokines y expression of pIgR in the nasal cavity of mice in the model of *Naegleria fowleri* meningoencephalitis, *Exp Parasitol*, 145 (Suppl.), S84-92.
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades. (2020). *Naegleria*. Hoja Informativa, Estados Unidos de América: Departamento de Salud y Servicios Humanos. Gobierno USA.gov, <https://www.cdc.gov/parasites/naegleria/esp/general-information.html>
- Da Rocha-Azevedo, B., Tanowitz, H.B. y Marciano-Cabral, F. (2009). Diagnosis of infections caused by pathogenic free-living amoebae, *Interdiscip Perspect Infect Dis*, 2009, 251406.
- Damhorst, G.L., Watts, A., Hernández-Romieu, A., *et al.* (2022). *Acanthamoeba castellanii* encephalitis in a patient with AIDS: a case report y literature review, *Lancet Infect Dis*, 22, e59-e65.
- Dirección General de Epidemiología. (2021). *Boletín epidemiológico del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica*. Sistema único de información, México: Dirección General de Epidemiología, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/614743/sem53.pdf>
- Dirección General de Epidemiología. (2023). *Boletín epidemiológico del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica*. Sistema único de información, México: Dirección General de Epidemiología, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/851030/sem32.pdf>
- Fuerst, P. A. y Booton, G.C. (2020). Species, Sequence Types y Alleles: Dissecting Genetic Variation in *Acanthamoeba*, *Pathogens*, 9.
- Garate, M., Alizadeh, H., Neelam, S., *et al.* (2006). Oral immunization with *Acanthamoeba castellanii* mannose-binding protein ameliorates amoebic keratitis, *Infect Immun*, 74, 7032-4.

- González-Robles, A., Omaña-Molina, M., Salazar-Villatoro, L., *et al.* (2017). *Acanthamoeba culbertsoni* isolated from a clinical case with intraocular dissemination: Structure y in vitro analysis of the interaction with hamster cornea y MDCK epithelial cell monolayers, *Exp Parasitol*, 183, 245-253.
- Grace, E., Asbill, S. y Virga, K. (2015). *Naegleria fowleri*: pathogenesis, diagnosis, y treatment options, *Antimicrob Agents Chemother*, 59, 6677-81.
- Heggie, T.W. (2010). Swimming with death: *Naegleria fowleri* infections in recreational waters, *Travel Med Infect Dis*, 8, 201-6.
- Jahangeer, M., Mahmood, Z., Munir, N., *et al.* (2020). *Naegleria fowleri*: Sources of infection, pathophysiology, diagnosis, y management; a review, *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 47, 199-212.
- Kofman, A. y Guarner, J. (2022). Infections Caused by Free-Living Amoebae, *J Clin Microbiol*, 60, e0022821.
- Kong, H.H., Kim, T.H. y Chung, D.I. (2000). Purification y characterization of a secretory serine proteinase of *Acanthamoeba healyi* isolated from GAE, *J Parasitol*, 86, 12-7.
- Król-Turmińska, K. y Olender, A. (2017). Human infections caused by free-living amoebae, *Ann Agric Environ Med*, 24, 254-260.
- Lee, J., Yoo, J.K., Sohn, H.J., *et al.* (2015). Protective immunity against *Naegleria fowleri* infection on mice immunized with the rNfa1 protein using mucosal adjuvants, *Parasitol Res*, 114, 1377-85.
- Maciver, S.K., Piñero, J.E. y Lorenzo-Morales, J. (2020). Is *Naegleria fowleri* an Emerging Parasite?, *Trends Parasitol*, 36, 19-28.
- Marciano-Cabral, F. (1988). Biology of *Naegleria* spp., *Microbiol Rev*, 52, 114-33.
- Mungroo, M.R., Khan, N.A., Maciver, S., *et al.* (2022). Opportunistic free-living amoebal pathogens, *Pathog Glob Health*, 116, 70-84.
- Nieder Korn, J.Y. (2021). The biology of *Acanthamoeba keratitis*, *Exp Eye Res*, 202, 108365.
- Omaña-Molina, M., Vanzzini-Zago, V., Hernández-Martínez, *et al.* (2019). *Acanthamoeba keratitis* in Mexico: Report of a clinical case y importance of sensitivity assays for a better outcome, *Exp Parasitol*, 196, 22-27.
- Ortíz Ortega, R., Bonilla Lemus, P., Monsalvo Reyes, A., *et al.* (2012). Detección de amibas patógenas del género *Acanthamoeba* por PCR en cuerpos de agua recreativos en el Estado de San Luis Potosí, México, *BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, 5.
- Qvarnstrom, Y., Nerad, T.A. y Visvesvara, G.S. (2013). Characterization of a new pathogenic *Acanthamoeba* Species, *A. byersi* n. sp., isolated from a human with fatal amoebic encephalitis, *J Eukaryot Microbiol*, 60, 626-33.
- Rayamajhee, B., Sharma, S., Willcox, M., *et al.* (2022). Assessment of genotypes, endosymbionts y clinical characteristics of *Acanthamoeba* recovered from ocular infection, *BMC Infect Dis*, 22, 757.
- Rodríguez-Pérez, E.G., Escandón-Vargas, K. y Ancer, A. (2017). Granulomatous amebic encephalitis caused by *Acanthamoeba* sp. in an immunocompetent Mexican adult, *Rev Soc Bras Med Trop*, 50, 432.

- Samba-Louaka, A., Delafont, V., Rodier, *et al.* (2019). Free-living amoebae y squatters in the wild: ecological y molecular features, *FEMS Microbiol Rev*, 43, 415-434.
- Schuster, F.L. y Visvesvara, G.S. (2004). Free-living amoebae as opportunistic y non-opportunistic pathogens of humans y animals, *Int J Parasitol*, 34, 1001-27.
- Szentmary, N., Daas, L., Shi, L., *et al.* (2019). *Acanthamoeba keratitis*-Clinical signs, differential diagnosis y treatment, *J Curr Ophthalmol*, 31, 16-23.
- Trabelsi, H., Dendana, F., Sellami, A., *et al.* (2012). Pathogenic free-living amoebae: epidemiology y clinical review, *Pathol Biol (Paris)*, 60, 399-405.
- Villa-Ramírez, S. A., Vanzzini-Rosano, V., Hernández-Martínez, *et al.* (2015). *Acanthamoeba griffini* aislada de un caso de queratitis amibiana en México, XII Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia, https://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion3/S3-MCS22.pdf
- Zhang, H. y Cheng, X. (2021). Various brain-eating amoebae: the protozoa, the pathogenesis, y the disease, *Front Med*, 15, 842-866.

Recibido: 03/12/2022.
Aceptado: 29/08/2023.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Ciencia de Frontera

Los trasplantes como oportunidad para una nueva vida, la carrera médica de la doctora Marlene Santos Caballero

María Josefa Santos-Corral*

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



Marlene Santos Caballero es médica cirujana por la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Posteriormente obtuvo un título de Especialista en Cirugía General expedido por la misma Universidad. Tiene, entre otros, un adiestramiento en el servicio Cirugía de Trasplantes realizado en el Hospital General Centro Médico “La Raza” de la Ciudad de México. Su área de especialidad es la de trasplante renal en la que ha dictado numerosas conferencias nacionales e internacionales, publicado artículos en revistas indexadas y formado a nuevos expertos en la temática. Es, además, una entusiasta promotora de la cultura de la donación de órganos en México. Actualmente es jefa de la División de Trasplantes, de la Unidad Médica de Alta Especialidad, del Centro Médico Nacional La Raza “Doctor Gaudencio González Garza”.

¿Cómo descubre su vocación por la medicina?

Es algo que supe desde que era niña. Tengo recuerdos de mis juegos a los 5 o 6 años en casa de mis padres, donde había un pirul del que cortaba hojas y bolitas, y con ellas fabricaba medicinas para mis muñecas, yo era la doctora. Como parte del juego me inventé una suerte de megafonía que decía: “Doctora Santos, favor de presentarse en Urgencias”. Esos son mis recuerdos de pequeña y conforme fui creciendo nunca salió de mi cabeza el pensamiento de que iba a ser doctora. Mi mamá trató de convencerme que estudiara otra cosa, que había más profesiones. Pero nunca cambié mi deseo de ser médica. Desde pequeña lo tuve clarísimo.

¿Cómo logra iniciar una carrera en un hospital tan demandado como el Centro Médico Nacional “La Raza”? ¿Qué desafío supuso?

Ingresar al hospital fue la culminación de un gran reto que comenzó con acceder a una preparatoria de la UNAM, y de ahí poder ingresar con mayor facilidad a la carrera de Medicina, que es muy demandada. Una vez cursado el bachillerato, pude estudiar en Ciudad Universitaria, lo que me hacía muy feliz, entre otras cosas, porque mis padres vivían por ahí, estaba muy cerquita de la escuela, aunque también me formé en el Hospital General de México que se ubicaba más lejos. Terminando hice un internado de un año en un sanatorio por el metro Chilpancingo, en la CDMX, era para trabajadores de la compañía de la luz, ahora ya no existe.

Posteriormente, el servicio social lo realicé en Tequisquiapan que, aunque al ser de la cabecera municipal el hospital podría haber sido muy grande, en realidad tenía características parecidas a las de un centro de salud muy chiquito.

En el examen a residencias médicas concursamos cerca de dos mil aspirantes a la especialidad en Cirugía, por fortuna quedé entre los primeros cien, aunque tuve que buscar dónde cursarla. Luego ingresé la solicitud al IMSS y me quedé. Como en “La Raza” no se podía cursar el primer año en las especialidades grandes (Cirugía consta de cuatro años), estuve en



Tlanepantla, los tres años posteriores sí los hice en el Hospital de Especialidades de “La Raza”. Ahí conocí el área de trasplantes, y bueno, fue una especie de llamado, aunque en ese entonces sólo laboraba ahí una doctora que era nefróloga.

Ahí me preparé, por un año, en lo que en el IMSS se llama adiestramiento, y desde ese entonces, ya cerca de 20 años, 18 para ser exactos, tengo una posición de médica. Además, en 2014 tuve la oportunidad de ser nombrada jefa de servicio del sector de Trasplante Renal y de Hígado, cargo en el que permanecí por ocho años.

Desde hace dos años o un poquito más estoy a cargo de esa División, donde se gestionan, analizan y ejecutan todas las operaciones de este tipo, tenemos a cargo también el área de Auxiliares Diagnósticos, que comprende laboratorios, rayos X y otras varias cosas. Ha sido, pues, un camino en el que se me han abierto las puertas por el gusto de realizar bien las cosas, trabajarlas bien, y por estar dispuesta a romper esquemas y paradigmas.



¿Qué la lleva a especializarse en enfermedades del riñón y luego en trasplantes?

Si se quiere hacer trasplantes se debe comenzar por una especialidad en Cirugía. El camino comienza con la carrera en Medicina, luego la especialidad y después la subespecialidad. En el momento que yo me formé en Cirugía de Trasplantes, en México, que no en otros países, esto era un adiestramiento, aunque ahora estamos en trámites para que se convierta en una subespecialidad. Mi interés por el tema comenzó durante mi especialización de Cirugía, cuando roté como residente de segundo año, ahí en el Hospital de “La Raza”, me tocó participar en algún trasplante de riñón, y en el tercer año participé en alguno de hígado.

Estos eventos fueron la semillita. Me parecieron muy relevantes, pues brindan una nueva y distinta oportunidad de vida a un paciente con una enfermedad crónica, en una etapa terminal, que depende de la diálisis o de la hemodiálisis para llevar una vida más o menos productiva o activa. En el caso de los niños, por ejemplo, lo anterior es más visible. Entonces, el ser capaz de realizar una cirugía así fue algo que me ha llenado mucho, implicaba saber que, a través de mis manos, podía ofrecer esa parte de salud y con ello reintegrar a la gente a su vida, trabajo, escuela y, lo más importante, a su familia. Terminar con la diálisis y la hemodiálisis y tener otra calidad de vida. Con eso lograba cristalizar mi sueño de niña: ayudar a mejorar la salud y la vida de las personas.



¿Cómo construye su red de trabajo?, ¿cómo legitiman esta área dentro de la medicina?

Creo que lo más importante al integrar redes y grupos de trabajo es el ejemplo. Siempre he tratado de dar un trato humano, un trato digno a todos los participantes. Mi idea es que la labor de trasplante es una en la que interviene un sinnúmero de personas que se conectan. No lo puede realizar sólo el cirujano, sino que haya una persona que cuide al paciente después de operado. Incluso dentro del quirófano, los anestesió-

Ha sido, pues, un camino en el que se me han abierto las puertas por el gusto de realizar bien las cosas, trabajarlas bien, y por estar dispuesta a romper esquemas y paradigmas.



logos, las enfermeras, los camilleros, todos forman parte de un engranaje perfecto. Todos lo hacemos posible, todos somos parte y creo esa es la base. De ahí la importancia de contar con un equipo que sepa responder de la misma manera que tú. Si te llaman a las 2 o 3 de la mañana, a esa hora tienes que ir. De manera que, si tú los llamas porque vas a estar, la gente hará lo mismo. Van contigo.

Desde que llegué al hospital aprendí a colaborar en equipo. Me integré a una red y poco a poco he ido incorporando nuevos miembros, he sido maestra de los cirujanos que han hecho adiestramiento en el servicio, que ahora, algunos, han formado ya áreas de trasplantes en otras ciudades, eso es algo muy gratificante, porque éstos dependen de una gran colaboración entre todos los grupos, incluso interinstitucionales. Por ejemplo, no podemos separar el IMSS del ISSSTE, o de Salubridad, porque la falta de órganos es un problema general. Tenemos pocos donantes y hay que aprovechar el órgano donado. Sucede, por ejemplo, que a veces yo tengo un donante, pero no tengo un receptor y bueno, pues me comunico con el ISSSTE para decirles que tengo un órgano y, eventualmente, ellos pueden tener un receptor.

Es, pues, un trabajo muy grande, que ha ido creciendo cada vez más, conforme se difunde la donación y los trasplantes. Cada vez más la gente sabe que hay nosocomios que se dedican a ello y que la donación-trasplante es un proceso que está muy bien regulado por la ley.

Tengo pacientes que llevan ya varios años trasplantados en distintos lugares, incluso lo encuentro en el Facebook, donde se han convertido en amigos, y ahí nos vamos siguiendo un poco. Hace no mucho vi uno que yo cuidaba cuando era niño, en una suerte de campamento de pacientes trasplantados y que a nosotros, en la época en que cursaba el adiestramiento, nos tocaba ir como médicos. Él se había convertido en un chef y cocinaba en un hotel de Mérida; se acordaba del tiempo que lo cuidaba de niño en ese campamento. Es algo muy bonito porque uno nunca sabe hasta dónde puede llegar la labor que realizamos. El muchacho me dijo que le habíamos cambiado la vida a él y a su familia. Eso es muy gratificante, y claro, es algo que siempre motiva a seguir.



¿Qué retos supone “animar” a las personas a donar órganos?

Afortunadamente me ha tocado, dentro del Instituto, que, en algunas ocasiones, me llamen a dar entrevistas sobre el tema, en radio y en el propio IMSS. He podido grabar cápsulas informativas, un Facebook Live en el IMSS y, con la proliferación de redes sociales, estamos más cerca de la gente y ven que es fácil adentrarse en el tema. Lo básico es que la gente conozca tu trabajo y con ello se interese en preguntarte sobre la manera de donar. Lo que respondo a quienes se interesan es que, lo más sencillo, es hablar con su familia, porque finalmente, aunque digas que quieres donar, si alguien de tu familia ante alguna lesión cerebral dice que no quiere que dones, no se puede hacer nada. Entonces creo que lo básico o lo más importante es comunicarlo a la familia, hermanos, hijos, padres, porque son ellos, al presentarse algún evento, una lesión cerebral, por ejemplo, quienes finalmente toman la decisión. También es necesario crear conciencia de que todos podemos, en algún momento de la vida, ser donantes o requerir algún órgano.



¿Cómo logra moverse y destacar en un medio en el que, hasta hace relativamente poco, predominaban los hombres?

Tengo algunos años en el área de cirugía que, efectivamente, estuvo dominada por los hombres por mucho tiempo. Ahora somos incontables las mujeres y cada vez más, pero recuerdo perfecto cuando entré al primer año de la especialidad, escuchar a uno de los cirujanos que, además, era nuestro coordinador, decir: “¡Uy, son dos mujeres, a ver si saben medicina!”.

Siempre ha sido un tema para nosotras, sí había misoginia, obviamente, y sí había una cuestión sexista de repente, pero yo creo que si tienes en mente que lo puedes llevar a cabo, no hay manera de que no lo logres. O sea, no existe forma. Obviamente al ser mujer he tenido que dejar algunas cosas. Por ejemplo, aunque ahora soy mamá de un adolescente de 15 y otra pequeña de 4, la maternidad esperó un buen tiempo. También mi situación mujer-madre me impidió realizar una estancia en España en la que ya había sido aceptada.

Siento que los hombres la tienen un poco más sencilla, pues pueden dejar a los hijos con la mamá o llevarlos a todos. Ser mujer sí fue un poco más complicado en mi tiempo de formación, aunque siempre tuve apoyo de otras compañeras. La doctora Carmen Gracida y Josefina Alberú, quienes en ese momento eran las encargadas del área de Trasplantes a nivel nacional, y siempre fueron un ejemplo. Gracias a ellas yo sabía que podría con la profesión que había elegido debido a que siempre es inspirador que veas a alguien destacar. Por ejemplo, la doctora Gracida fue la primera presidenta de la Sociedad Mexicana de Trasplantes.

Por su parte, la doctora Alberú era médica destacada en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”, a ambas las conocí en algún congreso. Había otra doctora que estaba en Torreón. En total éramos tres o cuatro en el sector. Ahora hay una apertura muy grande, las mujeres han podido salir del país, varias cirujanas se han entrenado en otros lugares, ya trabajan muchas en cirugía y en trasplantes y eso es fabuloso. Pues sí hemos ido abriendo camino poco a poco.

Ser mujer sí fue un poco más complicado en mi tiempo de formación, aunque siempre tuve apoyo de otras compañeras.



¿Qué le ha dado el hospital IMSS-“La Raza” a la doctora Santos y ella que le ha dado?

Me ha dado mucho, porque la institución es muy noble. Tiene todo lo que se puede pedir a nivel internacional para llevarlos a cabo. Por varios años ha sido cuna de innovaciones y ha permitido trasplantar dos distintos órganos a un mismo paciente, corazón-riñón, por ejemplo. Llevamos nueve operaciones de este tipo. Es el único programa a nivel nacional en donde se han hecho. También me ha permitido conocer gente, crecer de manera profesional y como persona.

En cuanto a lo que yo le he dado, creo, mucha proyección y apertura en la participación de las mujeres. Por ejemplo, hubo una doctora que se formó con nosotros, luego fue a España, posteriormente se fue a especialidades y ahora se encuentra en León. En este momento, la jefa del Servicio de Trasplantes de nuestro hospital también es mujer y está integrada en nuestro equipo como cirujana, a pesar de su reciente ingreso. Lo anterior nos lleva a observar que las mujeres podemos hacer tantísimas cosas si estamos unidas y que el mundo evolucionaría mejor si se considerara la unión que logramos cuando trabajamos bien.

Creo que he aprendido y he enseñado mucho a diferentes cirujanos, hombres y mujeres, y eso ha permitido que varios programas crezcan. Lo anterior no sólo lo hecho yo obviamente, pero sí formo parte del conjunto de profesores de cirugía que preparan, no sólo expertos del IMSS, sino de otras instituciones nacionales e incluso de otros países. Lo que me ha permitido estar en un proceso de enseñanza aprendizaje con grupos de médicos.

Muchas gracias por la entrevista doctora Santos.

Descarga aquí nuestra versión digital.





Sustentabilidad ecológica

La expansión urbana (in)sustentable



Pedro César Cantú-Martínez*

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

Contacto: cantup@hotmail.com

La manera en que se desarrolla el paisaje en la actualidad está supeditada a las áreas metropolitanas, que van creando un escenario por una parte habitable, y por la otra ejerciendo una mayor presión sobre los sistemas naturales y sus servicios ecosistémicos (Hassan y Lee, 2015). De esta forma, las condiciones socioambientales de un entorno urbanizado están sujetas a las características de las metrópolis y particularmente a las demandas de las propias comunidades que habitan en éstas. Así que cada vez más existe una honda preocupación por crear políticas públicas, desde un contexto administrativo y de carácter legislativo, para orientar este ensanchamiento con perfil más sustentable (OECD, 2018).

No obstante el esfuerzo por regular el crecimiento urbano, lo que ha subsistido en derredor de las grandes urbes ha sido un avance descontrolado, desordenado, que se agranda de forma creciente con repercusiones negativas que trascienden en la fragmentación de los ecosistemas, la alteración de la calidad de agua, aire y suelo, creando, en muchas ocasiones, cinturones de desigualdad social, lo que repercute en un alto costo por la introducción de la infraestructura necesaria (OECD, 2010). Este crecimiento está esencialmente caracterizado –en otro sentido– por el establecimiento de viviendas residenciales homogéneas –de baja densidad– en las que hay una alta dependencia de los automóviles al transportarse a las distintas zonificaciones de las ciudades (Behnisch, Krüger y Jaeger, 2022).

Lo antes descrito es la derivación de brindar espacios a una población en aumento, que, aunado además al deseo social de amplificar el mercado de sitios habitables, se va de manera paulatina acrecentando está dilatación, la cual se le ha vinculado a gastos mayores de energía, deterioro ambiental, congestión vehicular y una falta de continuidad y cohesión (Wu, Oueslati y Yu, 2016). Por consiguiente, la expansión urbana plantea múltiples desafíos relevantes, por lo cual, es un suceso sumamente complejo. Sin lugar a duda, entender los factores, las derivaciones y las implicaciones de la dinámica de ésta se torna pertinente para contar con información y tomar más adelante decisiones que eviten el establecimiento de comunidades, que, en el largo plazo, puedan crear condiciones insustentables. En este manuscrito se abordará parte de esta gran dificultad, que en la actualidad es ostensible en todas las urbes.

¿QUÉ ES LA EXPANSIÓN URBANA?

Es una expresión sencilla de observar, pero con definición complicada, dado que se requiere considerar parámetros mensurables, particularmente establecer límites a su crecimiento. Sin embargo, en un intento por describirla podemos argumentar que obedece a un gran complejo de variables sociales y económicas, las cuales se hayan interconectadas.

Donde el primordial promotor son los esquemas de ampliación, subyacentes en las políticas públicas, y se hace patente por los costos de la propiedad –que son menores– con respecto a los urbanizados (Sánchez, 2017). En tanto, Bruegmann (2005) comenta que es un avance diseminado de baja densidad, consecuencia de la falta de un mecanismo de planeación ordenado, o bien, de una acción regulada de los permisos de uso del suelo en una progresión regional.

En este sentido, Lara, *et al.*, (2017), aducen que el emplazamiento de los conglomerados habitacionales en la apartada periferia es resultado del poco eficiente mercado inmobiliario. Dado que una vez que ubican un nuevo fraccionamiento, en muchas ocasiones carecen del equipamiento para sufragar sus necesidades, porque las promotorías inmobiliarias edifican al margen de los esquemas de planeación, y por consecuencia los residentes reclaman ascensos en la infraestructura de servicios (centros comerciales, escuelas, entre otros), que inducen aún más el avance de la edificación en la periferia y al cambio de uso suelo, por uno potencialmente urbanizable (Cantú-Martínez, 2020).

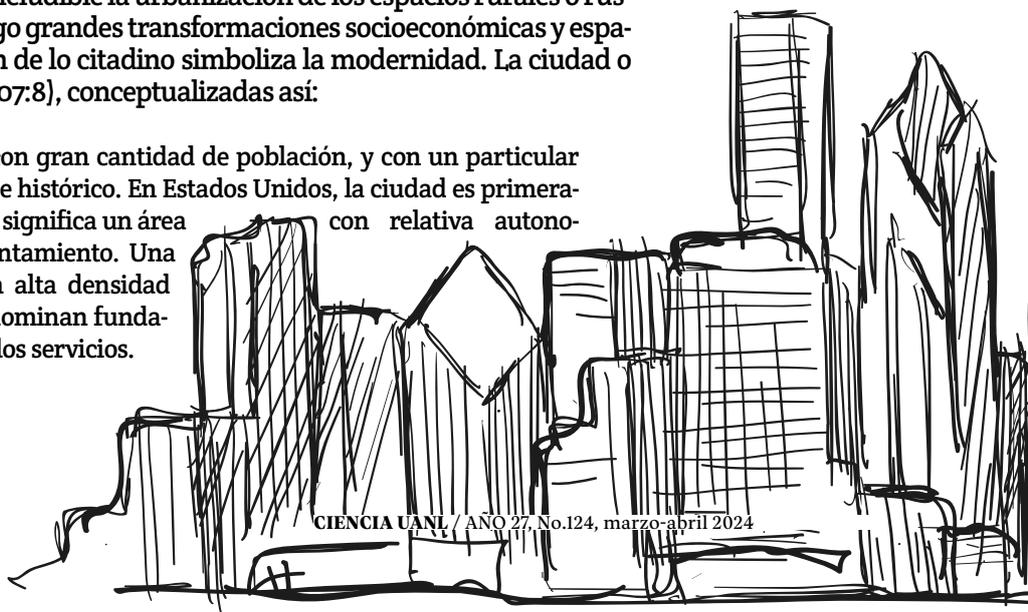
El auge de estos megaproyectos es la evidencia de que las promotorías inmobiliarias capitalizan grandemente la diferencia económica que subsiste en un suelo no construable, para transformarlo en urbanizable, donde el beneficio económico les representa mayores rentabilidades, a pesar de los efectos negativos al entorno natural y las implicaciones socioeconómicas que crean a las estructuras gubernamentales al tener que proporcionar los servicios básicos y de movilidad, así lo mencionan Heinrichs, Nuissl y Rodríguez-Seeger (2009), quienes hacen referencia a que la planificación del desarrollo y el ordenamiento del uso de suelo, en la actualidad, está fuertemente vinculada a intereses de carácter privado y a políticas públicas permisivas.

Esta expansión no sólo obedece a los estratos socioeconómicos medios o bajos, también a poblaciones de ingresos elevados que extienden los lindes de la ciudad, edificando nuevas viviendas lujosas en los suburbios e incluso más allá de éstos. En ella también ha influido la percepción de que la población tiende a contemplar el ambiente de la metrópoli como inseguro, donde las promotorías inmobiliarias han capitalizado esta oportunidad al generar fraccionamientos cerrados, esto está sucediendo en la zona sur del área metropolitana de Monterrey en México.

CARACTERÍSTICAS DE LA EXPANSIÓN URBANA

Barba (2005) comenta que es ineludible la urbanización de los espacios rurales o rústicos, pero esto ha traído consigo grandes transformaciones socioeconómicas y espaciales, donde la representación de lo citadino simboliza la modernidad. La ciudad o las urbes son, según Cerda (2007:8), conceptualizadas así:

un asentamiento humano con gran cantidad de población, y con un particular status administrativo, legal e histórico. En Estados Unidos, la ciudad es primeramente un término legal que significa un área con relativa autonomía, más que un gran asentamiento. Una ciudad es una entidad con alta densidad de población en la que predominan fundamentalmente la industria y los servicios.



Así se erige a lo citadino en un proceso que involucra la integración geográfica y social. En el que el crecimiento representa una extensión espacial extraordinaria de la ciudad. Es un acontecimiento que se coliga a un estilo de vida que sostiene de manera constante el consumo de extensas superficies de espacio para diversos usos (Karakayaci, 2016).

En donde las características representan el progreso de la sociedad y la moderna vida del ser humano, en gigantescas metrópolis en la cuales se concentra la economía, cultura y política, adquiriendo con esto un significado aún mayor en el marco social por el poder de las instituciones que se establecen en ellas. Sin embargo, las condiciones prevalecientes de las ciudades en el mundo están erigiendo un patrón de ocupación territorial que es altamente contradictorio y afecta las condiciones sociales, económicas y ecológicas directamente (Molina, 2014).

Lo antes mencionado responde a que están creciendo conforme a un patrón de ocupación territorial desunido entre sí y que se distingue por un ensanchamiento fragmentado de la huella urbana. Por ejemplo, “mientras en México la población se duplicó en las últimas tres décadas, la superficie urbanizada se multiplicó por diez, sometiendo el medio ambiente a una presión innecesaria” (Molina, 2014:12). Es decir, un incremento diseminado, apartado de la periferia de las ciudades, descoordinado y sin considerar las consecuencias socioambientales que provoca. Sin embargo, Cerda (2007:10) aduce que:

Algunos autores la definen como un irresponsable, y poco planificado desarrollo que destruye espacios verdes, incrementa el tráfico y la polución, aumenta el número de colegios y deslocaliza impuestos. Otros autores [lo] comparan [...] con un proceso enfermizo de desarrollo cancerígeno en el territorio rural. Otras definiciones la plantean como desarrollo urbano disperso sobre suelo rural, urbanización en baja densidad, o desarrollo urbano discontinuo.

Por lo tanto, subsiste una dinámica de cambios de uso de suelo en los bordes de la mancha urbana, que va generando un ámbito complicado en las zonas aledañas, que provoca graves apremios climáticos tocantes a la calidad de vida y destrucción de nichos ambientales principalmente, y que están entrecruzados en una configuración rural y metropolitana. A esto, Astorkiza y Ferrero (2012) lo denominan naturbanización.

CONSECUENCIAS DE LA EXPANSIÓN URBANA

Las secuelas giran en torno a aspectos socioeconómicos y ambientales por igual. En primera instancia Cerda (2007:14) señala:

Las opiniones respecto de los efectos sociales de la urbanización dispersa están divididas, pero sí está claro que tanto los costos como los beneficios aumentan con la dispersión [...] produce considerables costos emocionales, económicos, estéticos y físicos. Los costos económicos incluyen mayores impuestos, mayores costos de provisión de infraestructura, lo que trasunta en impactos fiscales locales. Los costos emocionales se refieren a la pérdida de espíritu comuni-

tario, y del sentido del lugar. Los costos estéticos se refieren a la pérdida de tiempo libre y a la exposición de bastos paisajes suburbanos. Los costos físicos tienen que ver que hacinamiento en establecimientos educacionales, congestión vial, mayores tiempos de viaje y conductores más agresivos.

En cambio, los impactos negativos de orden ambiental incluyen la contaminación atmosférica a consecuencia de la dependencia del uso de los vehículos, la impermeabilización de suelos y con ello la falta de captura de agua de lluvia por los sistemas naturales intervenidos. También se distingue por la fragmentación de los hábitats, por la disminución de espacios abiertos, el incremento de riesgos de inundaciones, reducción en general de la calidad ambiental y el cambio en la distribución espacial de las temperaturas (entre lo urbano y lo rural) conforme avanzan las horas del día, presentándose con mayor frecuencia el fenómeno de las islas de calor (Molina, Romero y Sarri-colea, 2009).

De esta manera, García (2008:15) comenta categóricamente: “El desbalance observado entre los hábitats humanos en su interacción con los naturales ha sido determinante para concebir esta relación como preocupante por las alteraciones en la biodiversidad y funciones ecológicas que ponen en riesgo la sustentabilidad”. Por otra parte, Tayler (2007:99) describe muy claramente la relación entre la creciente urbanización y el entorno natural al señalar puntualmente:

Desde un punto de vista ambiental, las áreas urbanas son algo parecido a aspiradoras gigantes que succionan gran parte de la materia, de la energía y de los recursos vivientes del mundo, y que expelen contaminación, residuos y calor. Como consecuencia de ello, tienen una gran huella ecológica que se extiende más allá de sus límites.

Por ejemplo, en el área metropolitana de Monterrey se tiene un alta presión sobre el Parque Nacional Cumbres, que ha resentido en muchas ocasiones los efectos negativos, debido a la accesibilidad y proximidad de las actividades metropolitanas llevadas a cabo por las inmobiliarias, lo que ha generado, en varias ocasiones, que se redefinan sus límites, cuando lo conducente sería frenar la intromisión de estas actividades en el parque o en sus colindancias. Este caso no es el único, existen muchos otros en distintas áreas protegidas de México. Recordemos, cuando se llega a urbanizar un espacio natural o rural, la marca persistirá durante un largo lapso o, inclusive, jamás llegará a borrarse. De hecho, sobrepasando los lindes que pueden tener impactos regionales mediante la fragmentación de los sistemas naturales o bien por la misma demanda de recursos, donde la huella ecológica de un área densamente poblada podría ser cien veces más que la superficie física que ocupa (Lahoz, 2010).

Por último, se puede aseverar, según indica Concha (2013:118): “El crecimiento urbano [y la expansión] es un fenómeno natural que

surge como consecuencia del crecimiento poblacional, y como tal, merece ser orientado de acuerdo a una planificación previa, de lo contrario su impacto en el medio ambiente resulta desfavorable". Lo cual se torna en un gran desafío para las autoridades, organizaciones no gubernamentales, sociedad civil, universidades y profesionales si pretenden lograr el tan anhelado desarrollo sustentable, y contribuir a la disminución de los efectos del cambio climático.

CONSIDERACIONES FINALES

Hemos visto que la expansión urbana como suceso de crecimiento espacial conlleva una mayor progresión que el propio de la población, y con ello favorece la separación de grupos sociales que habitan en baja densidad a los alrededores de las áreas citadinas, con lo cual va promoviendo un cambio en el uso de suelo que quebranta las actividades primarias, agrícolas, y adicionalmente afecta los servicios ecosistémicos.

Hay que hacer hincapié en que las consecuencias no culminan con el cambio del entorno en las periferias, sino que insta a la edificación de más complejos habitacionales y requerimientos de infraestructura: agua potable, alcantarillado, electrificación, servicios de telecomunicación, vialidades, escuelas, centros comerciales, entre otros, que van planteando una serie de problemáticas e inconvenientes en el sistema natural intervenido.

En el marco de la sustentabilidad, esto plantea vicisitudes desde las distintas dimensiones (económica, social y ecológica) que se va observando en un sistema inequitativo, poco coherente y carente de una racionalidad en el uso del espacio territorial. De esta manera su veloz crecimiento ha conllevado muchos aspectos de carácter negativo que aquejan y seguirán afectando a gran escala. Quizás entre los distintos problemas que causa, el principal promotor es la carencia de no saber (mediante las políticas públicas) cómo determinar la frontera o lindes para que no se propague tal crecimiento desorganizado. En este sentido, la expansión urbana es derivada de la planificación ineficaz e insuficiente sobre la utilización del suelo.

REFERENCIAS

- Astorkiza, I., y Ferrero, A.M. (2012). Expansión urbana y sostenibilidad una dicotomía difícil de conciliar, *Revista Española de Control Externo*, 14(40), 47-78.
- Barba, M. (2005). Características del crecimiento urbano reciente en la periferia de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, *Espacios Públicos*, 8(15), 190-216.
- Behnisch, M., Krüger, T., y Jaeger, J.A.G. (2022). Rapid rise in urban sprawl: Global hotspots and trends since 1990, *PLOS Sustain Transform*, 1(11), 1-30.
- Bruegmann, R. (2005). *Sprawl: A compact history*, Chicago, The University of Chicago Press.



- Cantú-Martínez, P.C. (2020). Ambiente urbano: ¿sustentable?, *Ciencia UANL*, 23(103), 70-79.
- Cerda, J. (2007). *La expansión urbana discontinua analizada desde el enfoque de accesibilidad territorial aplicación a Santiago de Chile* (tesis de maestría), Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Concha, M. (2013). Impacto ambiental del crecimiento urbano en El Alto Q'osqo, San Sebastián-Cusco, *El Antoniano*, 123, 118-130.
- García, E.J. (2008). *El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua* (tesis de maestría), Colegio de la Frontera Norte y Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Tijuana, B.C.N., México.
- Hassan, A., y Lee, H. (2015). Toward the sustainable development of urban areas: An overview of global trends in trials and policies, *Land Use Policy*, 48, 199-212.
- Heinrichs, D., Nuißl, H., y Rodríguez-Seeger, C. (2009). Dispersión urbana y nuevos desafíos para la gobernanza (metropolitana) en América Latina: el caso de Santiago de Chile, *Revista Eure*, 35(104), 29-46.
- Karakayaci, Z. (2016). The concept of urban sprawl and its causes, *The Journal of International Social Research*, 9(45), 815-818.
- Lahoz, E. (2010). Reflexiones medioambientales de la expansión urbana, *Cuadernos Geográficos*, 46, 293-313.
- Lara, J.A., Estrada, G., Zentella, J.C., et al. (2017). Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la zona metropolitana del Valle de México, *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 37-63.
- Molina, M. (2014). Expansión urbana y cambio climático. *Ciencia*, (octubre-diciembre), 10-13.
- Molina, M., Romero, H., Sarricolea, P. (2009). Características socioambientales de la expansión urbana de las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso. En R. Hidalgo, C. De Mattos, y F. Arenas (Eds.). *Chile: del país urbano al país metropolitano*, Serie GEOLibros N°12 Colección EURE-Libros. (187-200). Santiago de Chile. Instituto de Geografía e Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2010). *Cities and Climate Change*. París. OECD Publishing.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *Rethinking Urban Sprawl: Moving Towards Sustainable Cities*. París. OECD Publishing, París.

Sánchez, S.E. (2017). *Ausencia de planificación e injusticia espacial. Síntomas que califican a los procesos de expansión urbana actual*. Actas V Workshop de la Red Iberoamericana de Observación Territorial y VI Seminario Internacional de Ordenamiento Territorial. Realizado en la fecha: 4 al 7 de octubre de 2017, Mendoza, Argentina.

Tyler, G. (2007). *Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible. Un enfoque integral*. México. Thomson.

Wu, J., W. Oueslati, W., y Yu, J. (2016). Causes and Consequences of Open Space in U.S. Urban Areas, *OECD Environment Working Papers*, 112, París. OECD Publishing.

Descarga aquí nuestra versión digital.





COLABORADORES

Adriana Domínguez Vázquez

Licenciada en Biología Molecular por la UAM-C. Pasante en Psicología por la UNAM. Sus líneas de investigación se centran en el estudio del daño secundario en lesiones de médula espinal de rata y procesos relacionados con la astrogliosis. Project associate en una organización de investigación clínica (CRO).

Andrea Nathaly Escobedo Tamez

Ingeniera civil y académica. Responsable de servicio al público del Departamento de Geomática-UANL. Su línea de investigación es la aplicación de técnicas RS y GIS con enfoque en métodos de evaluación no destructivos para la evaluación de infraestructura.

Angelly del Carmen Villarreal Salazar

Licenciada en Fisioterapia por la UVM, Campus San Luis Potosí. Doctoranda en Ciencias de la Cultura Física por la UANL. Maestra en Actividad Física y Deporte, con orientación en Promoción de la Salud, por la UANL. Su línea de investigación es la actividad física en población femenina.

Azucena del Carmen González Horta

Doctora en Ciencias por la Universidad Complutense de Madrid. Profesora titular B de tiempo completo en la FCB-UANL. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del Cuerpo Académico de Genómica y Patología. Tiene una patente. SNI nivel I.

Brenda Araceli Bustos García

Socióloga, maestra en Trabajo Social, doctora en Filosofía, con orientación en Trabajo Social y Políticas Comparadas de Bienestar Social, por la UANL. Cooordinadora del GT Estudios Críticos en Discapacidad adscrito a CLACSO. Actualmente realiza investigación sobre el cuerpo en contextos necropolíticos situados en personas que se encuentran en tratamiento para cáncer y migración y discapacidad. SNI nivel I.

Carina Chávez Granados

Ingeniera mecatrónica por la UNAM. Estudios de maestría en el posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales-UNAM, en el área de Materiales Electrónicos.

Cynthia Gabriela Sámano Salazar

Bióloga y doctora por la UNAM. Realizó estancia posdoctoral en la “Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, SISSA”, en Trieste. Profesora en la UAM-C. Ha publicado artículos en revistas nacionales e internacionales. SNI nivel I.

Delia Hernández Romero

Licenciada en Química Farmacéutica Bióloga por la UV. Doctora en Química Orgánica por la Universidad de Barcelona. Profesora de tiempo completo en la FCQ-UV. Cuenta con perfil Prodep. Su área de investigación corresponde a la síntesis de derivados heterocíclicos con actividad biológica. SNI nivel I.

Dulce Kristal Becerra Paniagua

Ingeniera química del TecNM, Campus Tuxtla Gutiérrez. Doctora en Ingeniería en Energía por el IER-UNAM Morelos. Posdoctoranda DGAPA en el Grupo de Microdispositivos BioMEMS y Lab on a Chip de la FI-UNAM. Sus líneas de investigación están relacionadas con el desarrollo de sistemas energéticos renovables, síntesis, caracterización y aplicación de materiales a base de carbón para almacenamiento, conversión de energía y fotocatalisis.

Fabiola Yépez Rincón

Ingeniera ambiental. Investigadora y académica. Jefa del Departamento de Geomática de la UANL. Sus líneas de investigación son aplicación de técnicas RS y GIS en grupos de trabajo y proyectos multidisciplinarios.

Jossephlyn Hernández Alcántara

Licenciada en Biología Molecular por la UAM-C. Estudia el Posgrado en Ciencias Naturales e Ingeniería en la UAM-C. Sus líneas de investigación se centran en el efecto de la desregulación de las desmetilasas de histonas en modelos celulares de cáncer de mama, así como en la genética de poblaciones para el estudio de la neuromielitis óptica.

Karla Carolina Gutiérrez González

Ingeniera civil. Técnica especialista del Departamento de Ingeniería Estructural y Peritajes-UANL. Maestra en Ciencias de Materiales, con orientación en Materiales de Construcción, por la UANL. Máster en Materiales de la Construcción por el ICCET, Madrid, España.

Laura Oropeza

Ingeniera mecánica por la UNAM. Doctora en el área de Micro y Nanotecnología por la Universidad de California, Santa Bárbara. Profesora de tiempo completo en la FI-UNAM. Sus líneas de investigación se enfocan en el desarrollo de plataformas portátiles para la detección de patógenos basadas en microfluídica, así como en tecnología carbón-MEMS para aplicaciones electroquímicas.

María Cristina Enríquez Reyna

Licenciada y maestra en Ciencias de Enfermería. Doctora en Ciencias de la Cultura Física. Profesora investigadora en la FOD-UANL. Cuenta con perfil Prodep. Su línea de investigación versa sobre actividad física para la salud y la calidad de vida. Vocal secretaria del Comité de Ética en Investigación de la FOD. Miembro del Global Observatory for Physical Activity-GoPA!, del Cuerpo Académico de Ciencias del Ejercicio, de la Red de investigación REDDECA-Conducta Saludable con Deporte de Calidad y de Alcided. SNI nivel I.

María Guadalupe Quiroz Vázquez

Licenciada en Biotecnología Genómica. Doctora en Ciencias, con orientación en Biotecnología, por la UANL. Profesora de asignatura en la carrera de LBG. Ha participado en tres congresos nacionales.

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.

Marina Medina Corrales

Licenciada en Ciencias del Ejercicio por la UANL. Doctora y máster en Alto Rendimiento Deportivo por la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. Docente en licenciatura, maestría y doctorado de la FOD-UANL. Su línea de investigación es la evaluación y control del rendimiento deportivo. Candidata del SNI.

Melissa del Carmen Martínez Torres

Licenciada en Letras Hispánicas por la UANL. Editora responsable de la revista *Ciencia UANL*.

Milena Mesa Lavista

Ingeniera civil, investigadora y académica. Jefa del área de Investigación del Departamento de Ingeniería Estructural y Peritajes-UANL. Sus líneas de investigación son comportamiento experimental de sistemas constructivos, mampostería de bloques huecos de concreto, análisis no lineal de estructuras y materiales de construcción en el comportamiento estructural.

Nadia Flores-Huerta

Química bióloga parasitóloga por la UAGM y doctora en Ciencias por el Cinvestav-IPN. Realizó una estancia posdoctoral en Epigenética y Células Madre de Cáncer en la UACM.

Paula Guzmán-Téllez

Licenciada en Química Farmacéutica Biotecnóloga por la UVM. Cursó estudios de posgrado en el Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular del Cinvestav-IPN enfocada en temas relacionados a la biología celular de las amibas del género *Naegleria*. Realiza una estancia posdoctoral en el Laboratorio de Inmunorregulación del Departamento de Inmunología de la ENCB-IPN, haciendo estudios en reprogramación metabólica y respuesta a vacunas.

Pedro César Cantú-Martínez

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

Perla Lizeth Hernández Cortés

Licenciada en Enfermería. Maestra y doctora en Ciencias de Enfermería. Profesora de tiempo completo en la FOD-UANL. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del Cuerpo Académico de Ciencias del Ejercicio, de la Reddeca-Conducta Saludable con Deporte de Calidad, y de RedES-

AM. Su línea de investigación es sobre actividad física para la salud. Vocal secretario del Comité de Ética en Investigación de la FOD y FAEn-UANL. SNI nivel I.

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. Docente a nivel de licenciatura, maestría y doctorado, coordinadora de la Maestría en Actividad Física y Deporte en la FOD-UANL. Integrante de la Red de Enfermería en Salud del Adulto Mayor de México (ESAM-México), Red de Envejecimiento Activo, Ejercicio y Salud/Healthy-Age, Cuerpo Académico Actividad Física y Salud, Red de Estudios Latinoamericanos en Educación y Pedagogía. Miembro del SNI.

Sharon Rosete Luna

Licenciada en Química Farmacéutica Bióloga por la UV. Doctora en Ciencias Químicas por la UAEM. Labora en la FCQ-UV. Sus intereses de investigación están relacionados con el área de Química Computacional determinando las actividades antioxidantes de los compuestos químicos, así como el estudio de moléculas que puedan actuar como transportadores de fármacos.

Stephanie Denise Zambrano Ayala

Licenciada en Nutrición, maestra en Nutrición Clínica y doctoranda en Ciencias de la Cultura Física por la UANL. Preparación continua antropometrista nivel 2, certificada por la ISAK, y certificada como nutrióloga deportiva por el Centro de Nutrición Deportiva Monterrey. Su línea de investigación es nutrición y entrenamiento afines para la salud en adultos mayores.

Yris Laura Mancilla de la Cruz

Ingeniera civil. Técnica especialista del Departamento de Ingeniería Estructural y Peritajes-UANL. Su línea de investigación es el comportamiento experimental de sistemas constructivos.

Lineamientos de colaboración

Ciencia UANL

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

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

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

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

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

Criterios generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiéndose por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras, código identificador ORCID, 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 de cada investigador (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto.
- 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/>



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



9 772007 117173

24

Indexada en:



Actualidad Iberoamericana
Índice Internacional de Revistas



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMÉRICA"

RevistaCienciaUANL



Revistaciencia_uanl



RevistaCIENCIAUANL