CIENCIAUANL

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

- **Mujeres en la Química Computacional**
- **Mentorías para mujeres STEM**
- **Las ciencias de la complejidad**

Año 26,
Número 121
septiembre - octubre 2023

Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

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

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa Martínez Torres
Editora

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

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González
Corrector de inglés: Alejandro César Argueta Paz
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 26, Nº 121, septiembre-octubre de 2023. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Editora responsable: Melissa Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102. ISSN impreso: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E y Licitud de Título y Contenido: en trámite. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 1 de septiembre de 2023, tiraje: 1,400 ejemplares.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.
Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.
Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2023

revista.ciencia@uanl.mx

Ciencia UANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

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

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

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

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

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

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Gloria María González González
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

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

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

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

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

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

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Héctor de León Gómez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD

¿Por qué hay que hablar de mujeres en Química Computacional y no sólo de Química Computacional?

Fernanda I. Saldívar-González, Ana L. Chávez-Hernández, Diana L. Prado-Romero, Mariana González-Medina

20 OPINIÓN

Mentorías para mujeres STEM: una propuesta para reducir la brecha de género

Griselda Quiroz-Compeán, Susana de la Torre-Zavala, Sheila Adela Villa-Cedillo

36 EJES

Las ciencias de la complejidad y el diseño

Liliana Beatríz Sosa Compeán

44 SECCIÓN ACADÉMICA

45

Detección inalámbrica de frecuencia respiratoria utilizando señales Wi-Fi y aprendizaje automático

Jesús A. Armenta-García,Félix F. González-Navarro, Jorge E. Ibarra-Esquer , Jesús Caro-Gutiérrez

51

Síntesis de películas de nanoalambres de óxido cúprico a partir de materiales de una mina mexicana

Nora Elizondo Villarreal, Eleazar Gándara Martínez, Dora Martínez Delgado, Francisco Vázquez Rodríguez

56 CURIOSIDAD

Desarrollo y repercusión de las películas delgadas en la actualidad

María Rocío Alfaro-Cruz, Edith Luévano-Hipólito, Leticia Myriam Torres-Martínez

64 CIENCIA DE FRONTERA

Investigación guiada desde la ingeniería, la experiencia de Fernando Arámbula Cosío

María Josefa Santos Corral

74 SUSTENTABILIDAD

Salud pública para la sustentabilidad

Pedro César Cantú-Martínez

82 CIENCIA EN BREVE

De robots, neuronas y energía

Luis Enrique Gómez Vanegas

90 COLABORADORES

121

EDITORIAL

María Idalia Gómez de la Fuente*

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

En la era moderna de la ciencia y la tecnología es imprescindible hacer uso de la inteligencia artificial para aprovechar las ventajas que ofrece al tener acceso de forma inmediata al análisis de bases de datos. El inicio de este tipo de herramientas fue la programación básica, cuyo desarrollo de softwares a la postre ha permitido disponer de plataformas tecnológicas cada vez más amigables, utilizadas en la actualidad en la mayoría de los laboratorios científicos en todo el mundo.

En el presente número, en la sección Ciencia y sociedad, Fernanda Saldívar-González, Ana Chávez-Hernández, Diana Prado-Romero y Mariana González-Medina presentan el artículo "¿Por qué hay que hablar de mujeres en Química Computacional y no sólo de Química Computacional?", enfocado precisamente en el uso de la Química Computacional, cuyo fin principal es reducir costos y eficientizar procesos, pero la discusión de éste va más allá de hablar sobre la materia en cuestión, sino de la brecha de género en el desarrollo y avance de esta importante área de la ciencia, haciendo énfasis en la diferencia entre los porcentajes de hombres y mujeres dedicados al desarrollo de ciencia, tecnología, ingeniería y Matemáticas, mejor conocido, por sus siglas en inglés, como STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

En Opinión, Griselda Quiróz-Compeán, Susana de la Torre-Zavala y Sheila Villa-Cedillo presentan "Mentorías para mujeres STEM: una propuesta para reducir la brecha de género", documento que describe el contexto actual de las mujeres en STEM y muestra resultados de experiencias recientes de científicas consolidadas de la UANL, certificadas como mentoras por el British Council, en el acompañamiento y mentoría con estudiantes de nuestra Universidad.

Con respecto a la falta de equidad de género y lo que esto ha repercutido en nuestra sociedad actual, en la sección Ejes, Liliana Sosa-Compeán presenta un artículo relacionado con los sistemas complejos adaptativos, "Las ciencias de la complejidad y el diseño", precisamente los sistemas que conforman las personas y su hábitat, por lo que las cosas que se diseñan y todo lo construido inciden en la evolución y desarrollo de éste. La autora concluye en la argumentación de una postura en la cual los objetos de diseño sirvan como estrategia para el cambio y evolución de nuestras sociedades y sus hábitats.

Con relación a los artículos académicos, en este número se presentan dos. El primero es "Detección inalámbrica de frecuencia respiratoria utilizando señales Wi-Fi y aprendizaje automático", de Jesús Armenta-García, Félix González-Navarro, Jorge Ibarra-Esquer y Jesús Caro-Gutiérrez, quienes muestran la forma en que se puede utilizar el Wi-Fi para aplicaciones de detección inalámbrica, así como una metodología seguida para el desarrollo de un monitor de frecuencia respiratoria haciendo uso de estas señales y el aprendizaje automático. El segundo, "Síntesis de películas de nanoalambres de óxido cúprico a partir de materiales de una mina mexicana", escrito por Nora Elizondo Villarreal, Eleazar Gándara Martínez, Dora Martínez Delgado y Francisco Vázquez Rodríguez, presenta los resultados y la discusión de la síntesis de películas de nanoalambres de óxido cúprico a partir de cuprita.

En la sección de Curiosidad, Rocío Alfaro Cruz describe y discute el "Desarrollo y repercusión de las películas delgadas en la actualidad". En Ciencia de frontera, Josefa Santos Corral presenta "Investigación guiada desde la ingeniería, la experiencia de Fernando Arámbula Cosío", y en Sustentabilidad, Pedro César Cantú Martínez nos describe la "Salud pública para la sustentabilidad".

Esperamos que este número sea de su agrado y de utilidad para enriquecer aún más su acervo cultural.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Ciencia y Sociedad

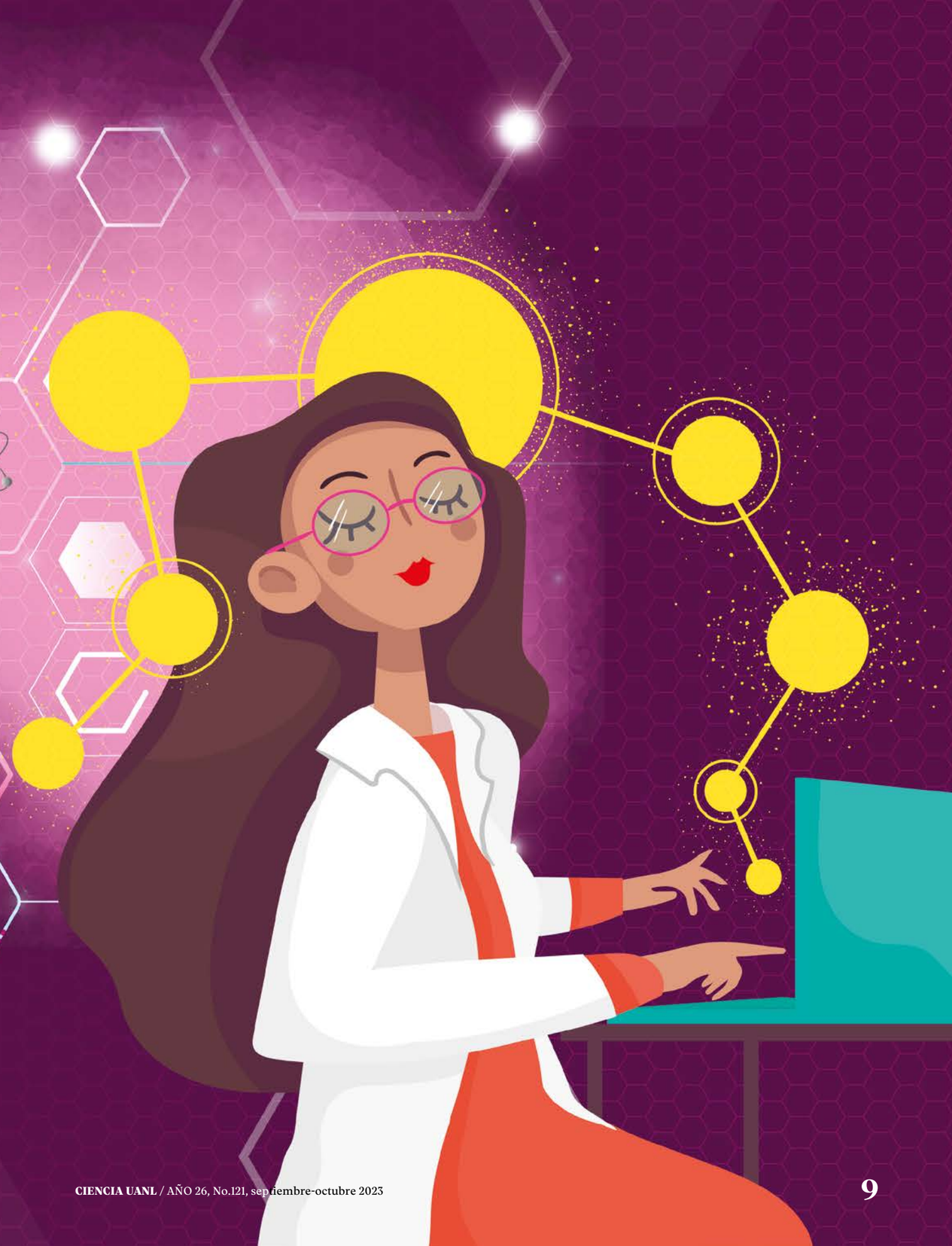
¿Por qué hay que hablar de mujeres en Química Computacional y no solo de Química Computacional?

Fernanda I. Saldívar-González*, Ana L. Chávez-Hernández*
ORCID: 0000-0002-0435-8662 ORCID: 0000-0002-6202-1769

Diana L. Prado-Romero*, Mariana González-Medina**
ORCID: 0000-0001-8918-6451 ORCID: 0000-0001-7365-939X

https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-1

* Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
** Instituto Pasteur, París, Francia.
Contacto: fer.saldivarg@gmail.com



Cuando se habla de Química, lo más común es imaginar a alguien dentro de un laboratorio, portando *goggles*, vistiendo una bata y trabajando con matraces (el llamado "laboratorio húmedo" o *wet lab*). Sin embargo, también existen hombres y mujeres que están detrás de una computadora haciendo experimentos, pero con algoritmos (el llamado "laboratorio seco" o *dry lab*). La Química Computacional es una disciplina que se nutre en gran medida de datos experimentales generados en un laboratorio húmedo. La idea de usar computadoras es transformar estos datos químicos (llámense reacciones químicas, compuestos químicos, datos de actividad biológica, etc.) en información y ésta en conocimiento, lo cual permite reducir costos y eficientar procesos. Por esa razón ha tenido un gran impacto en la sociedad y cada vez hay un mayor número de aplicaciones que se ven reflejadas en un incremento de artículos y publicaciones científicas (Damm-Ganamet *et al.*, 2020).

Pero, ¿por qué es necesario enfatizar la labor que han hecho las mujeres en la Química Computacional y no sólo hablar de esta disciplina? La baja representación de mujeres en espacios STEM (del inglés ciencia, tecnología, ingeniería y Matemáticas) es un problema multifactorial que no sólo afecta a nivel social, sino que también repercute en la forma en la que se hace y se piensa la ciencia. De acuerdo con el Instituto de Estadística de la UNESCO, menos de 30% de los investigadores de STEM en todo el mundo son mujeres (Emambokus *et al.*, 2016). El hecho de que las niñas y mujeres no se sientan capaces en ciertas áreas, o incluso ni las consideren a la hora de elegir carrera, es una situación que requiere nuestra atención. Resaltar las contribuciones de mujeres en la Química Computacional y discutir tanto los factores que han influido en la participación de mujeres en ella, como los factores que siguen obstaculizando su éxito en todos los niveles, nos permite identificar los retos, las oportunidades y las áreas de desarrollo que tienen actualmente las mujeres que quieren orientar su carrera profesional hacia allá. También es importante dar difusión a este tema para avanzar en la construcción de una ciencia con perspectiva de género en la que las aplicaciones científicas beneficien a una mayor parte de la sociedad.

¿QUÉ ES LA QUÍMICA COMPUTACIONAL Y QUÉ APLICACIONES TIENE?

Existen tantas definiciones de Química Computacional que pueden llegar a ser confusas, debido a que, por mucho tiempo, el término fue usado para describir lo que ahora representa la Química Teórica. Otras definiciones se enfocan demasiado en los métodos utilizados, excluyendo campos como la Quimioinformática. Para usos prácticos, y para dar una visión más amplia de lo que representan los métodos computacionales en Química, utilizaremos la definición del Dr. Gabriel Cuevas, quien la menciona como una disciplina que comprende todos aquellos aspectos de la investigación en Química que se benefician de la aplicación de las computadoras (Cuevas, 2005). La figura 1 resume algunas áreas que comprende y sus principales aplicaciones. Como podemos ver, aborda cuestionamientos desde el nivel electrónico y atómico hasta el nivel macroescala. Por ejemplo, en la Química Teórica, los métodos computacionales se usan en la validación de métodos químico-cuánticos, para el cálculo de estructuras tridimensionales, y también para predecir o explicar la estructura y reactividad de las moléculas (Lu, Deng y Shuai, 2021).

En el descubrimiento y desarrollo de fármacos, los métodos computacionales (tanto derivados de la Quimioinformática como de la Bioinformática) han tenido un impacto sustancial en la identificación y el diseño de nuevos compuestos, además de la elucidación de mecanismos de acción de fármacos (Saldívar-González, Prieto-Martínez y Me-

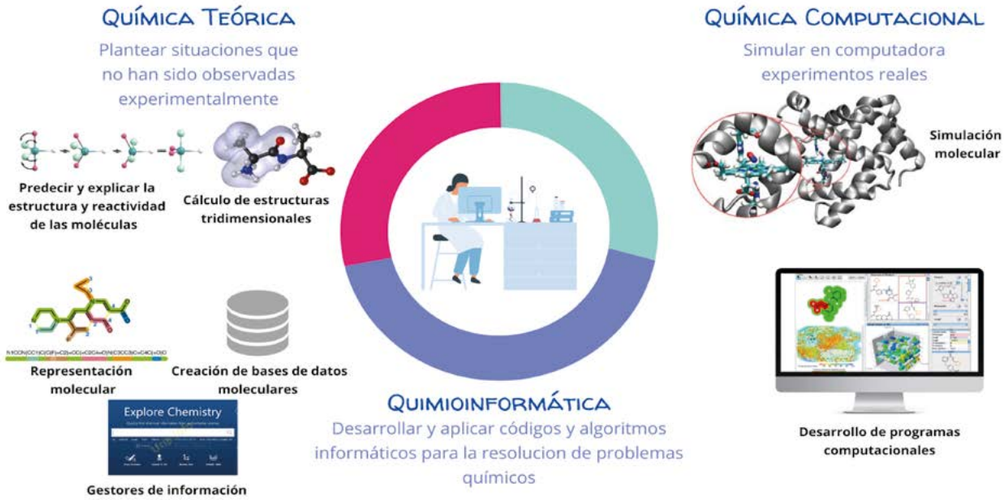


Figura 1. Áreas de la Química Computacional y sus principales aplicaciones.

dina-Franco, 2017). A nivel industrial, la Química Computacional se usa para caracterizar y diseñar nuevos materiales, así como en el desarrollo de rutas de síntesis química más eficientes a través de herramientas de inteligencia artificial (IA) (Lu, Deng y Shuai, 2021).

¿QUÉ PAPEL JUEGAN LAS MUJERES EN LA QUÍMICA COMPUTACIONAL?

Históricamente, las mujeres han tenido una presencia muy activa en sectores como la informática y las telecomunicaciones. En la década de los sesenta, las mujeres constituían la mayor parte de la fuerza laboral informática. Sin embargo, esto cambió con la aparición de las computadoras de escritorio, que popularizaron esta actividad como algo exclusivo para hombres. Tan sólo en EUA, el número de mujeres graduadas en informática pasó de 37% en 1984 a 18% en 2017 (White, 2017). Esta disparidad entre hombres y mujeres es aún más grande conforme va aumentando el nivel educativo. A pesar de las barreras de su época, mujeres como las doctoras Margaret Dayhoff, Yvonne Martin y Arianna Wright Rosenbluth, lograron posicionarse dentro del círculo computacional, abriendo camino para la aplicación de la computación en áreas de la ciencia como Biología y Química. La Dra. Dayhoff sentó las bases de la Bioinformática (Gauthier *et al.*, 2019), mientras que la Dra. Martin fue una de las primeras defensoras de la Química Computacional y su uso en el diseño de fármacos (Stouch, 2009). Por su parte, la Dra. Wright Rosenbluth ayudó a crear Metrópolis, uno de los algoritmos más importantes que se usa en modelado molecular.

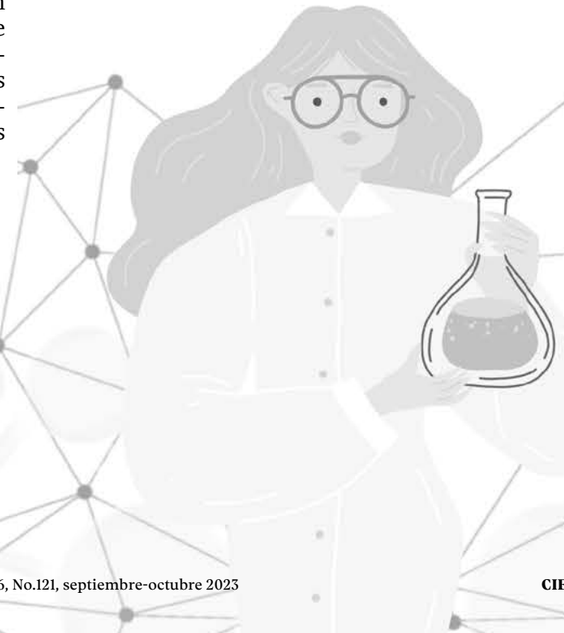
Afortunadamente, el panorama actual en la Biología y la Química Computacional es mejor que en los sectores exclusivamente computacionales. En los últimos 40 años, el número de afiliaciones y la presencia de mujeres en congresos en esta división y en diseño de fármacos asistido por computadora (DIFAC) ha aumentado a 25% (Holloway y McGaughey, 2018). En particular, en el DIFAC se estima que esta cifra ha aumentado a 38% (hasta 2017), comparado con 13% en 1989 y 1% en 1975. Esto se debe en gran parte a que son divisiones relativamente nuevas, además de la disminución de limitaciones por normas sociales obsoletas respecto a roles de género. También, la naturaleza multidisciplinaria, en donde convergen egresados de carreras como Química, Biología, Bioquímica, Farmacia e incluso algunas ingenierías, ha disminuido esta brecha. Otros factores que contribuyen a un crecimiento del número de mujeres son la mayor flexibilidad que permite el trabajo vía remota y las mentorías positivas. Estas últimas pueden proporcionar perspectivas importantes en el área de trabajo, estilos de vida y valores reflejados.

Recientemente, las revistas científicas han tomado iniciativas para reconocer y celebrar el trabajo de mujeres en la Química Computacional y han organizado conversatorios y volúmenes o colecciones especiales (ver en línea: *Women in Computational Chemistry y Women in Artificial Intelligence in the Life Sciences*), que exponen investigaciones, cifras, opiniones y experiencias

personales de mujeres en esa especialidad. Entre los retos que aún quedan por afrontar se recalcan: obstáculos culturales y sociales (mayoritariamente en mujeres de primera generación), sexismo, malas políticas de licencia de maternidad/paternidad, discrepancias salariales y el famoso techo de cristal.

En la actualidad, es importante que las mujeres estemos ejerciendo como profesionistas en nuestra sociedad y fungiendo como pioneras en disciplinas emergentes como el DIFAC y en las aplicaciones que ofrecen tecnologías como la IA. La presencia de mujeres, al menos en estas disciplinas, ha enriquecido la visión que se tiene respecto al manejo y tratamiento de ciertas enfermedades. Por ejemplo, se ha evidenciado la falta de representación de mujeres en estudios clínicos, lo que repercute en el espectro de efectos adversos que se estudian o contemplan al lanzar un nuevo medicamento, o bien, al darle un nuevo uso (Carrasco *et al.*, 2022). A pesar de que se ha demostrado que la respuesta a fármacos es distinta en hombres y mujeres, no se han establecido diferencias en el uso o dosificación de medicamentos, lo cual, en ocasiones se traduce en poco efecto terapéutico y mayores efectos adversos en mujeres (Alcalde-Rubio *et al.*, 2020).

Cirillo *et al.* (2020) han examinado las brechas actuales de sexo y género en las aplicaciones de IA en Biomedicina, donde se resalta que la exclusión y el sesgo que existe en los datos que se han recolectado hasta la fecha, también repercute en los modelos computacionales que se diseñan hoy en día. Es necesario que la comunidad científica sea consciente de ello y se fortalezcan iniciativas para la inclusión de datos más diversos que tengan un impacto significativo en los tratamientos y en los resultados de los pacientes, particularmente en aquellos en áreas de la medicina con necesidades insatisfechas.



HALLAR TU CAMINO A TRAVÉS DE UN ESPACIO DE POSIBILIDADES

Existe una idea falsa de que una vez que decides estudiar una carrera no hay vuelta atrás y harás eso toda tu vida, o bien, que si decides realizar estudios de posgrado tu único camino será la academia. Actualmente, el desarrollo laboral para una mujer que enfoca su carrera profesional en la Química Computacional es muy amplio, aunque probablemente limitado en términos geográficos. Para mostrar que las trayectorias profesionales no siempre son y ni tienen que ser lineales, aquí mostramos ejemplos de mujeres con esta formación desarrollándose profesionalmente en diferentes campos, desde la industria y la academia hasta en emprendimientos y política. Para tener un panorama más amplio de las investigaciones de estas mujeres puedes consultar el siguiente directorio: http://iopenshell.usc.edu/wtc/resources.html

A nivel industrial, la Química Computacional ha influido directamente en el descubrimiento y desarrollo de fármacos y de nuevos materiales. El desarrollo de software científico y el análisis de datos químicos también se han hecho indispensables dentro de las industrias químicas. Algunos ejemplos de científicas en la industria son Georgia McGaughey (vicepresidenta en Ciencia de Datos en Vertex Pharmaceuticals), Rebecca Green (científico principal sénior en Bristol Myers Squibb), Luisa María Fraga (gerente sénior en Materiales Avanzados de Repsol) y Katharine Holloway (científica principal en Gfree Bio) quien cuenta con más de 30 años de experiencia en DIFAC y contribuyó al desarrollo de Crixivan, el primer fármaco aprobado para el tratamiento del SIDA dirigido a inhibir la proteasa del VIH.

En la academia, específicamente en el campo de la dinámica molecular, resaltan los trabajos de las doctoras Teresa Head-Gordon, Rommie E. Amaro y Zoe Cournia, esta última también desarrolló SME Ingredio, una *app* para teléfonos móviles que informa a los consumidores sobre los peligros potenciales de los ingredientes químicos en los productos alimenticios y cosméticos. En América Latina, científicas que destacan son las doctoras Carolina Horta Andrade (Universidade Federal de Goiás, Brasil), Fernanda Duarte (Chile, actualmente investigadora en la Universidad de Oxford, Reino Unido), Karina Martínez Mayorga (Instituto de Química, UNAM, México) y Laura Domínguez Dueñas (Facultad de Química, UNAM, México).

Además de la investigación, es común que científicas se desempeñen como revisoras o editoras de revistas científicas, un ejemplo sobresaliente es el del *Journal of Chemoinformatics*, en donde tres de los cuatro editores son mujeres: las doctoras Karina Martínez Mayorga, Bárbara Zdrazil (European Bioinformatics Institute) y Nina Jeliazkova (Ideaconsult Ltd).

Los institutos gubernamentales también son una opción para realizar investigación en Química Computacional. Cada vez se hace imperativo el uso de métodos computacionales para el manejo de información química en patentes y en la regulación y evaluación de medicamentos, agroquímicos, productos alimenticios y cosméticos. La Dra. Patra Volarath es un ejemplo de científica de datos con vastos conocimientos en Quimioinformática que trabaja para la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés).

Figura 2. Espacios para el desarrollo laboral en Química Computacional (adaptado de Dong, 2020).

Por otra parte, las consultorías y las pequeñas y medianas empresas (Pymes) son ejemplos de emprendimientos. Destacamos Wendy Warr & Associates, empresa fundada en 1992 por la Dra. Wendy Warr, quien tiene cerca de 50 años de experiencia en Quimioinformática y Química Computacional y casi 20 de éstos en la industria farmacéutica. Otro ejemplo es pinely.co, empresa fundada por Rachelle Choueiri y Shabnam Safaei, que utiliza la computación cuántica y las simulaciones clásicas para optimizar sistemas químicos y desarrollar materiales y catalizadores más sostenibles.

En la política y en las inversiones también hay casos de mujeres muy sobresalientes. Angela Merckel, excanciller alemana, obtuvo su doctorado en Química Cuántica, pero se interesó en la política con la caída del muro de Berlín. La Dra. Charity Wayua (directora de Investigación sénior de IBM) puso en práctica sus habilidades como investigadora del cáncer en un paciente especial: el gobierno de su Kenia natal. Ella contribuyó a mejorar drásticamente el proceso para abrir nuevos negocios en su país, favoreciendo su crecimiento económico, nuevas inversiones y el reconocimiento del Banco Mundial.

CONCLUSIONES

Las mujeres podemos y debemos continuar aventurándonos en las áreas emergentes del STEM. Muy importante: si aspiramos a enriquecer la visión que se tiene respecto a la ciencia y sus aplicaciones en la sociedad, se deben realizar esfuerzos que incentiven la diversidad de género en sectores STEM. Como ciudadanos podemos contribuir en esta tarea externando nuestras opiniones y "alzando la voz" ante situaciones no equitativas o injustas. Mujeres científicas podemos compartir experiencias e impulsar la participación de más mujeres hacia una igualdad de género. Colegas hombres también pueden ayudar informándose y visibilizando el trabajo de sus colegas mujeres (más allá de sólo cubrir cuotas para congresos o atraer recursos a sus laboratorios).

Otra forma es evitando el *mansplaining*, respetando y no ocupando lugares como ponentes en foros y espacios destinados a compartir experiencias de mujeres científicas. Finalmente, las instituciones educativas, gubernamentales y las empresas deben asumir compromisos que aseguren espacios para las mujeres, e implementar políticas de equidad de género que garanticen que las mujeres puedan tener visibilidad, éxito y reconocimiento en todos los niveles.

La inclusión de mujeres en la Química Computacional, como se mostró en este artículo, puede poner en evidencia las consecuencias de la falta de representatividad en diversas especialidades, lo cual tiene impacto en la resolución de problemas que no habían sido considerados previamente.

AGRADECIMIENTOS

FISG, ALHC y DLPR agradecen al Conacyt, México, por las becas de doctorado CVU 848061, 847870, 888207. MGM agradece al programa Inception-PPU del Instituto Pasteur por la beca de doctorado. Las autoras expresan su agradecimiento al Dr. José Luis Medina-Franco por la excelente mentoría y por todos los comentarios y discusiones en torno a este artículo.

REFERENCIAS

Alcalde-Rubio, L. *et al.* (2020). Gender disparities in clinical practice: are there any solutions? Scoping review of interventions to overcome or reduce gender bias in clinical practice. *International Journal for Equity in Health.* 19(1): 166.

Carrasco, BO., *et al.* (2022). Drug repositioning with gender perspective focused on Adverse Drug Reactions. *bioRxiv.* Disponible en: https://doi.org/10.1101/2022.07.22.501091

Cirillo, D., Catuara-Solarz, S., Morey, C., *et al.* (2020). Sex and gender differences and biases in artificial intelligence for biomedicine and healthcare. *npj Digital Medicine.* 3(81):1-10.

Cuevas, G. (2005). Química computacional. *Revista Ciencias Matemáticas.* 56(2):33-42.

Damm-Ganamet, K.L., et al. (2020). Breaking the glass ceiling in simulation and modeling: Women in pharmaceutical discovery. Journal of Medicinal Chemistry. 63(5):1929-1936.

Dong, S. (2020). *For students wondering what they can do with a PhD in computational/theoretical chemistry (or in STEM fields in general), I made an (incomplete) list of career paths based on real-life examples. Please forgive me for mixing "roles" and "industry" here* [Twitter] 25 octubre. Disponible en: https://twitter.com/sijia_dong/status/1320445078649868288.

Emambokus, N., *et al.* (2016). Women in Science. *Cell metabolism.* 23(5):747-748.

Gauthier, J., *et al.* (2019). A brief history of bioinformatics. *Briefings in bioinformatics.* 20(6):1981-1996.

Holloway, M.K., y McGaughey, G.B. (2018). Computational Chemistry: A Rising Tide of Women. *Journal of chemical information and modeling.* 58(5):911-915.

Lu, Y., Deng, G., y Shuai, Z. (2021). Future directions of chemical theory and computation. *Journal of Macromolecular Science*, Part A: Pure and Applied Chemistry. 93(12):1423-1433.

Saldívar-González, F., Prieto-Martínez, F.D., y Medina-Franco, J.L. (2017). Descubrimiento y desarrollo de fármacos: un enfoque computacional. *Educación Química.* 28(1):51-58.

Stouch, T.R. (2009). A well deserved honor: Yvonne Martin, 2009 recipient of the Herman Skolnik Award. *Journal of Computer-Aided Molecular Design.* 23(12):829-830.

White, G.B. (2017). Melinda Gates: The Tech Industry Needs to Fix Its Gender Problem-Now. *The Atlantic.* (16 March). Disponible en: https://www.theatlantic.com/business/archive/2017/03/melinda-gates-tech/519762/

Descarga aquí nuestra versión digital.

Opinión

Mentorías para mujeres STEM: una propuesta para reducir la brecha de género

Griselda Quiroz-Compeán*, Susana de la Torre-Zavala*, Sheila Adela Villa-Cedillo*

ORCID: 0000-0002-4910-2521 ORCID: 0000-0002-7109-0467 ORCID: 0000-0001-8983-3620

https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-2

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: griselda.quirozcm@uanl.edu.mx; susana.delatorrezv@uanl.edu.mx; svilla.me0121@uanl.edu.mx

La incorporación de las mujeres en el mundo laboral ha sido resultado de múltiples transformaciones sociales, motivadas por la necesidad de reconocimiento de nuestro derecho a participar en todos los ámbitos de la vida pública de las sociedades. Las luchas sociales emanadas de esta problemática han abierto caminos para generar condiciones de igualdad de oportunidades para las mujeres, es así como se han ganado espacios de participación (Fine, 2002). En el caso específico de la vida laboral, la participación femenina en profesiones relacionadas con la ciencia, tecnología, ingeniería y Matemáticas (llamadas profesiones STEM, por las siglas en inglés de *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) ha sido marginal, por considerarse profesiones no tradicionales. Las luchas sociales han buscado garantizar igualdad de oportunidades entre las personas, independientemente del origen social, económico, racial, religioso y, por supuesto, de género (Marchionni *et al.*, 2019).

El presente documento tiene como objetivos describir el contexto actual de las mujeres en STEM, discutir los principales factores que generan y sostienen la brecha de género y explorar sus efectos en mujeres estudiantes de posgrado de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Este artículo está motivado por la experiencia reciente de científicas consolidadas de la UANL, incluidas las autoras de este documento, quienes han sido certificadas como mentoras STEM por el British Council y ya han acompañado a mujeres STEM en formación de diversas instituciones de educación superior del país, a través del Programa de Mentorías en la Ciencia, coordinado por el British Council durante 2022 (British Council, 2022a). Finalmente, destacamos que las mentorías con perspectiva de género pueden ser de gran utilidad y beneficio para la formación integral de las estudiantes STEM en nuestra institución.

CONTEXTO ACTUAL DE LAS MUJERES EN STEM

Las profesiones STEM están relacionadas con habilidades y aptitudes que se asocian predominantemente con el género masculino, por lo que es común que las sociedades no promuevan el interés de las mujeres en éstas. Esto impacta negativamente en la educación de las mujeres con este perfil, desde etapas muy tempranas, ya que sus habilidades y aptitudes no son reconocidas ni fomentadas. Por ello, aquéllas que buscan desarrollarse en estas profesiones enfrentan barreras desde su educación y durante el ejercicio de su profesión, dificultando su permanencia y promoción. Como resultado de lo anterior, existe una baja representatividad femenil en estas áreas, dando lugar a la llamada brecha de género en las mismas (Swafford y Anderson, 2020).

La situación actual de las mujeres STEM ha sido ampliamente estudiada en los últimos años. Por ejemplo, en 2019 la UNESCO publicó el libro *Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas* (*STEM*). En dicho texto se identifican los factores que obstaculizan y promueven los logros y continuidad de la mujer en el ámbito de estas disciplinas (UNESCO, 2019). Además, se ha reportado que en América Latina y el Caribe, las mujeres representan menos de 30% de estas carreras (ONU Mujeres, 2020).

En el caso particular de México, hasta hace muy pocas décadas existe información estadística sobre la situación laboral de las mujeres en STEM. Una investigación realizada por el Instituto Mexicano para la Competitividad arrojó resultados inquietantes (IMCO, 2021): en México, alrededor de 30% de las mujeres seleccionaron carreras STEM, a pesar de ser las profesiones mejor pagadas. Entre otros datos, sólo 13.5% de las mujeres eran egresadas de dichas carreras. De acuerdo con el Conahcyt, 30% del total de miembros del SNII se identifica como mujer.

FACTORES QUE GENERAN LA BRECHA DE GÉNERO EN STEM

La baja representatividad de las mujeres en profesiones STEM es un fenómeno mundial (Mavriplis *et al.*, 2010). Lo anterior es reflejo de un sistema de distribución del trabajo que no promueve dicha participación en éstas y que los entornos altamente masculinizados representan obstáculos sistemáticos que ocasionan que las mujeres se desarrollen en condiciones desiguales. A continuación se discuten algunos factores que perpetúan condiciones desiguales en las profesiones STEM.

SESGOS DE GÉNERO DE LAS MUJERES EN STEM

Los sesgos inconscientes, también llamados prejuicios, son presupuestos que las personas asumen como válidos dentro de un contexto temporal y social determinado. En particular, los sesgos de género implican que, como parte de acuerdos sociales, a las personas se les asigna una serie de características que la sociedad espera que observen y se les niegan otras que no les corresponderían (Reuben *et al.*, 2014).En el caso de las mujeres, algunos ejemplos de sesgos inconscientes son los siguientes:

- Ansiedad por las ciencias exactas: “La Física es muy difícil; los hombres son mejores en las ciencias puras”.
- Estereotipos de género: “Las mujeres son más emocionales que los hombres”.
- Cultura dominada por los hombres: “Los hombres son mejores en estrategia y resolución de problemas en comparación con las mujeres”.
- Ausencia de modelos femeninos en las profesiones STEM.

Existen algunas teorías sociológicas que describen este tipo de situaciones, por mencionar algunas:

- Piso pegajoso. Identifica un conjunto de barreras invisibles dentro de la cultura organizacional que impide que las mujeres avancen profesionalmente más allá de un nivel específico (Shabsough, 2021).
- Techo de cristal. Es una metáfora de las barreras artificiales e invisibles que impiden que las mujeres avancen a posiciones directivas en cualquier ámbito. Como consecuencia de estos obstáculos, las mujeres pueden permanecer en los mismos puestos u optar por otras alternativas (Shabsough, 2021).
- Tubería con fugas. Es una metáfora que describe cómo a medida que las mujeres avanzan a través de las etapas de su carrera, se enfrentan a situaciones de desigualdad que las orillan a abandonarla, quedando subrepresentadas en posiciones directivas (Hinton *et al.*, 2020; Makarova, 2016).
- Acantilado de cristal. Cuando las mujeres logran superar las barreras anteriormente mencionadas y alcanzan posiciones de liderazgo, tienden a hacerlo en circunstancias de crisis e inestabilidad (Kulich y Ryan, 2017).

INTERSECCIONALIDAD

Las teorías anteriores nos permiten entender las condiciones que perpetúan las brechas de género dentro de las organizaciones; sin embargo, la de género no es la única barrera que puede enfrentar una mujer cuando se dedica a profesiones STEM. El concepto de interseccionalidad describe cómo las categorías de identidad social, como la raza, el género, la clase, la sexualidad, la maternidad y la discapacidad operan simultánea y sinérgicamente para producir experiencias de marginación y discriminación más profundas. Por lo anterior, el desarrollo profesional de una mujer en STEM se puede ver obstaculizado, en diferente grado, dependiendo de las interseccionalidades que le afecten (Kelly *et al.*, 2021).

Figura 1. Síntomas del síndrome de la impostora.

SÍNDROME DE LA IMPOSTORA

Producto de baja representatividad y de las condiciones de desigualdad que experimentan las mujeres en las profesiones STEM; es común que ellas presenten un rasgo de comportamiento conocido como el síndrome de la impostora. Éste puede ser definido como una experiencia interna de creer que no se es tan competente como otros perciben. Esta colección de sentimientos de insuficiencia puede persistir, incluso, a pesar del éxito (Chang *et al.*, 2022) (figura 1). De acuerdo con expertos, quienes presentan el síndrome sufren de autosabotaje, dudas sobre sí mismas y una sensación constante de fraude intelectual que superan los sentimientos de satisfacción y éxito (Paterson, 2021). Los actuales esfuerzos para mitigar los efectos del síndrome de la impostora están dirigiéndose a ampliar nuestra comprensión de las experiencias de las mujeres a medida que avanzan a lo largo de sus trayectorias profesionales.

¿Y QUÉ OCURRE CON NUESTRAS ESTUDIANTES STEM EN LA UANL?

Con el objetivo de explorar los efectos de la brecha de género de nuestras científicas en formación de la UANL, elaboramos un sondeo para explorar el efecto de los sesgos cognitivos de género en una muestra de mujeres estudiantes de posgrados, y los presentamos aquí con el objetivo de haceros visibles. Una muestra de 76 estudiantes mujeres inscritas en posgrados en áreas STEM de diversas facultades de la UANL respondió una encuesta cuyos resultados se describen a continuación (figura 2).

- El 38% de las mujeres en el sondeo han pensado alguna vez que les iría mejor en el posgrado si fueran hombres.
- Todas las estudiantes del sondeo han experimentado, en mayor o menor medida, tres o más síntomas del síndrome de la impostora (figura 3).
- El 97% de las estudiantes del sondeo declaró sentirse animada por la influencia de otras mujeres con más experiencia, especialmente cuando en su posgrado se han sentido desmotivadas o desorientadas.
- El 95% de las encuestadas cree que el acompañamiento de una investigadora consolidada sería crucial para tener éxito en su posgrado (figura 4).

Los resultados no son distintos de los obtenidos en otros estudios sobre mujeres STEM (García-Holgado *et al.*, 2019). Lo anterior motiva las siguientes preguntas: *a)* ¿cómo podemos visibilizar las vulnerabilida-

Figura 2. Distribución de las participantes en el sondeo por áreas STEM.

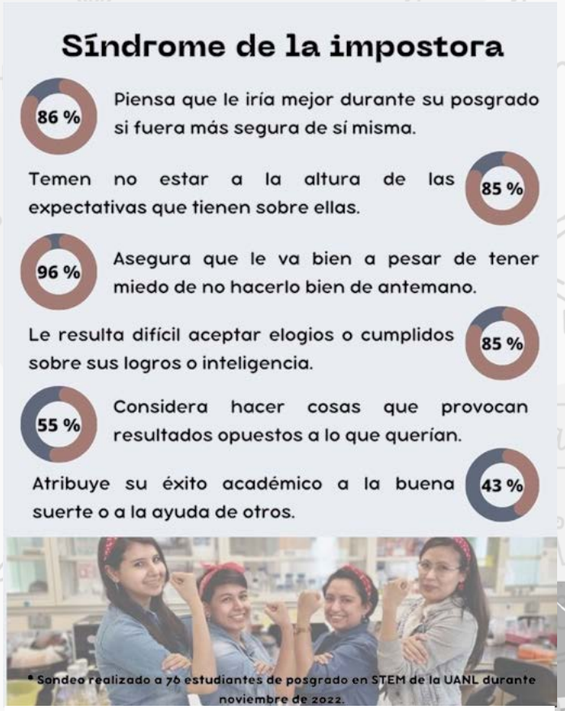


Figura 3: Resultados del sondeo en estudiantes de posgrado en la UANL: síndrome de la impostora.

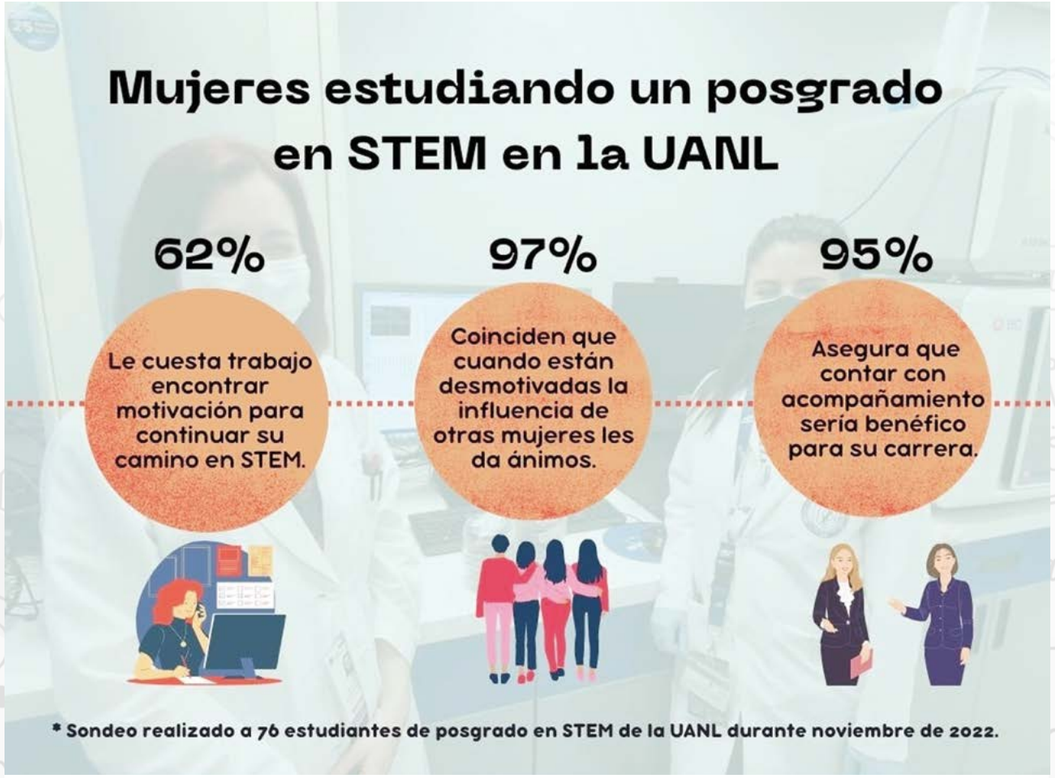


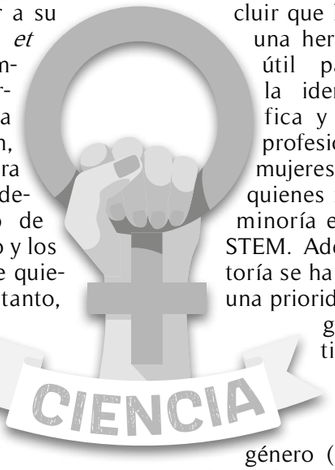
Figura 4. Resultados del sondeo en estudiantes de posgrado en la UANL.

des y realidades provocadas por la brecha de género en nuestra institución?, *b)* ¿qué estamos haciendo en nuestras instituciones para mitigar los efectos de los sesgos inconscientes en las mujeres jóvenes?, *c)* ¿cómo podemos promover a nuestras mujeres con aptitudes y capacidades para que puedan desarrollarse y crecer en carreras STEM?

MUJERES ACOMPAÑANDO MUJERES: MENTORÍAS

Una estrategia de las organizaciones que ha mostrado ser una valiosa herramienta para promover el desarrollo profesional de sus integrantes son las mentorías. Aunque intuitivamente podríamos anticipar que un programa de este tipo sería de gran ayuda, es importante preguntarse ¿qué efectos tendría la mentoría con perspectiva de género sistematizada desde el inicio de la formación en carreras STEM?

Un punto de partida es la generación de espacios seguros en donde las científicas en formación puedan hablar de sus experiencias y desafíos con otras mujeres que ya han transitado el camino hasta llegar a su consolidación académico-profesional en STEM. A este tipo de acompañamiento se le ha descrito como una mentoría. Una mentora es una persona consolidada en la carrera que es emparejada con una persona menos experimentada. En esta relación, una mentora puede acompañar, ser un modelo para seguir, una guía, proveer apoyo y soporte, pero, sobre todo, motivar a su mentee (Haggard *et al.*, 2011). Sin embargo, los acuerdos y contratos a los que lleguen, tanto la mentora como la *mentee*, determinan el tipo de relación, el tiempo y los alcances a los que quieran llegar. Por lo tanto, cada relación de mentoría es diferente y particular.



En cuanto a las brechas de género, se sabe que las mentorías son estrategias y alternativas para mitigar los problemas de equidad y violencia de género (Levinson *et al.*, 1991). Desde hace muchas décadas se sabe de la influencia positiva que representan los modelos a seguir en las mujeres durante el inicio de su carrera profesional y se ha demostrado que las jóvenes que recién inician en la academia tienen una mejor autoestima, confían en sus capacidades y están más satisfechas con su profesión con respecto a aquéllas que no han tenido mentoras (Cross *et al.*, 2019).

¿CÓMO PUEDEN AYUDAR LAS MENTORÍAS A LAS MUJERES EN STEM?

En la bibliografía existe suficiente evidencia para concluir que la mentoría es una herramienta muy útil para fomentar la identidad científica y la trayectoria profesional para las mujeres estudiantes, quienes representan la minoría en los campos STEM. Además, la mentoría se ha tomado como una prioridad en los programas que tienen como objetivo romper con la brecha de género (National Academies of Sciences, 2019).

Los programas que han tenido éxito en equilibrar la representatividad de mujeres en STEM combinan experiencias prácticas con compromiso social, comunidad y las mentorías (Djonko-Moore *et al.*, 2018). En el caso de estas mentorías se basa en una relación cooperativa centrada en la *mentee*. Los mentores funcionan como asesores de diversos temas, como el desarrollo de objetivos y desafíos personales. Aunque a menudo se piensa que los mentores son profesionales mayores y con más experiencia,

éstos pueden ser de cualquier edad y contar con la misma experiencia profesional que los *mentees*, siempre y cuando el mentor cuente con una capacitación previa (Marshall *et al.*, 2021).

Como mencionamos anteriormente, la brecha de género en las profesiones STEM es una realidad innegable, palpable y medible. Estos sesgos nos demandan, a la comunidad académica, esforzarnos por ser más conscientes de los patrones implícitos en nuestras decisiones y nuestros comportamientos. Es urgente iniciar con medidas que creen un cambio estructural sistémico.

Las propuestas para este cambio pueden incluir herramientas muy concretas como: I) financiar programas para interesar a las niñas y las minorías en los campos STEM, II) promover la diversidad en los puestos directivos relacionados con la financiación de la investigación e III) invertir en recursos que fortalezcan a las mujeres en formación para rescatarlas de las fugas en la tubería STEM.

Las mentorías para mujeres en STEM en nuestro país ya se han implementado con éxito a través del generoso apoyo del British Council, que desde 2021 ha financiado un Programa de Mentorías para Mujeres STEM en Formación. Este programa de alcance nacional incluyó la capacitación de más de 180 mentoras pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) y cada mentora atendió a tres *mentees*. De acuerdo con los reportes generados por el British Council, los resultados y alcances fueron contundentes, beneficiando tanto a mentoras como a las científicas en formación que recibieron las mentorías (British Council, 2022b; Venegas-García *et al.*, 2023).

Compartimos algunos testimonios de las *mentees* sobre este programa (figura 5). Por mencionar algunos de los resultados favorables del programa, sobresalen:

Figura 5. Testimonios de *mentees*.

1. La construcción de espacios seguros en los cuales investigadoras consolidadas pudieron ofrecer una guía, con perspectiva de género, a las estudiantes de posgrado.

2. Se fomentó la autoeficacia a través de la mejora de las habilidades blandas para alcanzar objetivos concretos.

3. Las *mentees* ganaron autoconfianza reconociendo sus fortalezas y el valor de su trabajo, incrementando sus posibilidades de permanencia en la academia.

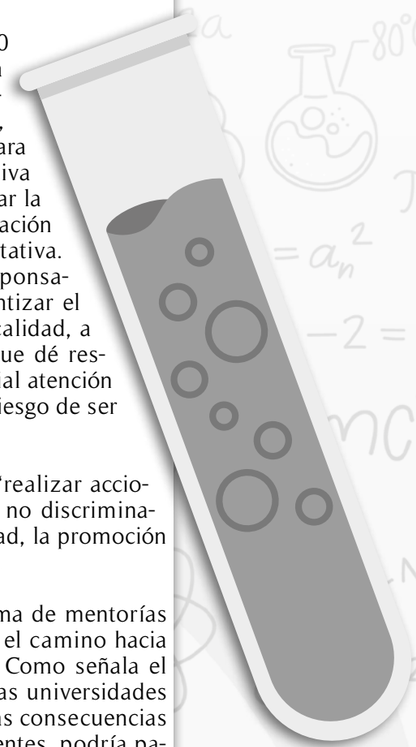
Estos resultados se atribuyen a las herramientas proporcionadas a las científicas en formación para mejorar sus competencias interpersonales (también llamadas no cognitivas o *soft skills*), la promoción del concepto de autoeficacia y el desarrollo de planeación estratégica para alcanzar los objetivos profesionales que a ellas más les interesan.

CONCLUSIÓN

Los resultados del sondeo son una muestra clara de la necesidad que existe de apoyar a las estudiantes de posgrado de la UANL con herramientas complementarias a su formación científico-académica.

Es imperativo que las instituciones de educación superior tomen acciones concretas encaminadas a generar y consolidar programas que garanticen condiciones de igualdad, equidad y no discriminación para la incorporación y el pleno desarrollo de las mujeres en las profesiones STEM.

El Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2022-2030 de la UANL declara que uno de los retos que enfrenta la Universidad a corto y mediano plazo es "el fortalecimiento de esquemas que promuevan la equidad, la inclusión y la igualdad en la práctica educativa". Para afrontar este tipo de retos, el PDI declara la perspectiva de género como un atributo institucional para alcanzar la Visión 2030 que incluye el ofrecimiento de una educación integral de calidad para toda la vida, incluyente y equitativa. Para abordar esto, el eje rector relacionado con la responsabilidad social marca como una de sus políticas garantizar el derecho a una educación incluyente, equitativa y de calidad, a todos los estudiantes, en igualdad de condiciones, que dé respuesta a la diversidad del alumnado, prestando especial atención a quienes están en situación de mayor exclusión o en riesgo de ser marginados.



Como estrategia para lograrlo, la UANL propone "realizar acciones que promuevan en la comunidad universitaria la no discriminación, la inclusión, la equidad, el respeto de la diversidad, la promoción de los derechos humanos y la perspectiva de género".

La generación e institucionalización de un programa de mentorías con perspectiva de género es un punto de partida en el camino hacia eliminar la brecha de género en nuestra Institución. Como señala el psicólogo de Harvard, Mahzarin Banaji: "Hasta que las universidades y las instituciones científicas aborden por completo las consecuencias sociales de los pensamientos y sentimientos inconscientes, podría pasar un tiempo antes de que instintivamente imaginemos a una persona de ciencia, como una mujer".

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al British Council México por el apoyo económico recibido a través de la convocatoria "Mentoring in Action: Women and Girls in STEM" y por la facilitación del documento "BC/01964: Mentoring in Action-Women and Girls in STEM. Generation 1-Mentoring Phase Final Report. April-July 2022". Además, agradecen a la empresa Inova Consultancy por la capacitación recibida durante el programa de Mentorías en STEM patrocinado por el British Council México durante 2021-2022. Finalmente, agradecemos enormemente la generosidad de las mujeres en la ciencia que nos han compartido fotografías de su quehacer profesional y que han permitido ilustrar este documento.

REFERENCIAS

British Council México. (2022a). *Convocatoria: mentoras en la ciencia*. Disponible en: https://www.britishcouncil.org.mx/educacion-superior/convocatoria-mentoras-en-la-ciencia

British Council México. (2022b). *Inova Consultancy Final GEN1 Mentoring Report-April-July 2022*.

Chang, S., Lee, H.Y., Anderson, C., Lewis, K., *et al.* (2022). Intervening on impostor phenomenon: Prospective evaluation of a workshop for health science students using a mixed-method design. *BMC Medical Education*. 22(1):802. https://doi.org/10.1186/s12909-022-03824-7

Cross, M., Lee, S., Bridgman, H., *et al.* (2019). Benefits, barriers and enablers of mentoring female health academics: An integrative review. *PLoS ONE*. 14(4):e0215319. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215319

Djonko-Moore, C.M., Leonard, J., Holifield, Q., *et al.* (2018). Using Culturally Relevant Experiential Education to Enhance Urban Children's Knowledge and Engagement in Science. *Journal of Experiential Education*. 41(2):137-153. https://doi.org/10.1177/1053825917742164

Centro de Investigación en Política Pública IMCO. (2021). *En México, sólo tres de cada diez profesionistas STEM son mujeres.* Disponible en: https://imco.org.mx/en-mexico-solo-3-de-cada-10-profesionistas-stem-son-mujeres/

Fine, B. (2002). *Women's Employment and the Capitalist Family: Towards a Political Economy of Gender and Labour Markets.* Routledge.

García-Holgado, A., Camacho-Díaz, A., y García-Peñalvo, F.J. (2019). La brecha de género en el sector STEM en América Latina: Una propuesta europea. *Zaguán.* 704-709. https://doi.org/10.26754/CINAIC.2019.0143

Haggard, D., Dougherty, T., Turban, D., *et al.* (2011). Who Is a Mentor? A Review of Evolving Definitions and Implications for Research. *Journal of Management-J. Manage*. 37:280-304. https://doi.org/10.1177/0149206310386227

Hinton, AO., Termini, C.M., Spencer, EC., *et al.* (2020). Patching the Leaks: Revitalizing and Reimagining the STEM Pipeline. *Cell.* 183(3):568-575. https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.09.029

Kelly, C., Kasperavicius, D., Duncan, D., *et al.* (2021). 'Doing' or 'using' intersectionality? Opportunities and challenges in incorpora-

ting intersectionality into knowledge translation theory and practice. *International Journal for Equity in Health.* 20(1):187. https://doi.org/10.1186/s12939-021-01509-z

Kulich, C., y Ryan, M. (2017). The glass cliff. En R. Aldag (edit.) *Oxford research encyclopedia of business and management.* Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190224851.01342

Levinson, W., Kaufman, K., Clark, B., *et al.* (1991). Mentors and role models for women in academic medicine. *The Western Journal of Medicine.* 154(4): 423-426.

Makarova, E., Aeschlimann, B., y Herzog, W. (2016). Why is the pipeline leaking? Experiences of young women in STEM vocational education and training and their adjustment strategies. *Empirical Research in Vocational Education and Training.* 8(1):2. https://doi.org/10.1186/s40461-016-0027-y

Marchionni, M., Gasparini, L., y Edo, M. (2019). *Brechas de género en América Latina. Un estado de situación.* Caracas: CAF. https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1401

Marshall, A., Vue, Z., Palavicino-Maggio, C., *et al.* (2021). The Role of Mentoring in Promoting Diversity, Equity, and Inclusion in STEM Education and Research. *Bio Rxiv.* https://doi.org/10.1101/2021.12.08471502

Mavriplis, C., Heller, R., Beil, C., *et al.* (2010). Mind the Gap: Women in STEM Career Breaks. *Journal of Technology Management & Innovation.* 5(1):140-151. https://doi.org/104067/S0718-27242010000100011

Organización de las Naciones Unidas Mujeres. (2020). *Las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y Matemáticas en América Latina y el Caribe.* (n.d.). ONU Mujeres-América Latina y el Caribe. Disponible en: https://lac.unwomen.org/es/digiteca/publicaciones/2020/09/mujeres-en-ciencia-tecnologia-ingenieria-y-matematicas-en-america-latina-y-el-caribe

National Academies of Sciences. (2019). The Science of Effective Mentorship in STEMM. *National Academies of Sciences* https://doi.org/10.17226/25568

Reuben, E., Sapienza, P., y Zingales, L. (2014). How stereotypes impair women's careers in science. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 111(12):4403-4408. https://doi.org/10.1073/pnas.1314788111

Shabsough, T., Semerci, A.B., y Ergeneli, A. (2021). Women's entrepreneurial intention: The role of sticky floor perception and social networking. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation.* 22(1):4555. https://doi.org/10.1177/1465750320927356

Swafford, M., y Anderson, R. (2020). Addressing the Gender Gap: Women's Perceived Barriers to Pursuing STEM Careers. *Journal of Research in Technical Careers.* 4(1):61. https://doi.org/10.9741/2578-2118.1070

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y Matemáticas (STEM).* Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649

Venegas-García, H.F., Brito-Vega, H. (2023). Mentorías entre las mujeres investigadoras para prevalecer en la ciencia. *Ciencia UANL.* 26(118):36- 39. https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.118-6

CIENCIA

Descarga aquí nuestra versión digital.

Las ciencias de la complejidad y el diseño

Liliana Beatríz Sosa Compeán*

ORCID: 0000-0001-8811-3218

https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-3

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

¿Somos parte de un sistema mayor? Y si es así, ¿cuáles serían sus otros componentes?, ¿qué utilidad tendría conocer sus propiedades, características y procesos?, ¿esto sería útil para las disciplinas del diseño? En el presente escrito partimos del supuesto de que los sistemas que conforman las personas y su hábitat (que incluye todos los objetos y entidades del entorno natural y construido), exhiben características y propiedades que permiten caracterizarlos como sistemas complejos adaptativos (SCA).

Desde este enfoque sistémico podríamos decir que las cosas que diseñamos, los espacios y objetos construidos, al formar parte de un sistema, inciden en la evolución y desarrollo de él mismo; por tanto, resulta relevante y pertinente, para la actividad del diseño, entender las pautas que siguen los sistemas complejos a fin de prever los efectos que las propuestas de diseño tendrían en la dinámica de éstos.

En este texto se sintetizan conceptos teóricos sobre las ciencias de la complejidad, así como sobre el diseño, para posteriormente establecer una caracterización de los sociosistemas en los que las cosas que se diseñan forman parte activa de sus procesos. En una primera parte se revisan las nociones sobre las ciencias de la complejidad y las particularidades de los SCA; luego se exponen las concepciones de

diseño y sus aplicaciones como campo disciplinar. En un tercer apartado, a partir de lo revisado, se expone una visión de cómo podríamos caracterizar a nuestros sociosistemas como SCA y la influencia del diseño de las cosas que creamos; finalmente se concluye en la argumentación de una postura en la cual los objetos de diseño sirvan como estrategia para el cambio y evolución de nuestras sociedades y sus hábitats.

LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

La *complejidad* es un concepto que en ocasiones podría asociarse con el término *complicado*, pero sus raíces etimológicas refieren a la cualidad de entrelazamiento; lo complejo, en el ámbito de las ciencias, describe entidades cuyos componentes están entrelazados entre sí y denota la idea de que dichos componentes están tan estrechamente relacionados que no son separables sin que esto tenga un efecto en la totalidad que conforman.

Las ciencias de la complejidad abarcan diversos marcos teóricos (como las teorías del caos, de redes, de juegos, cibernética, etcétera) y tiene bases en la teoría general de sistemas propuestas por Bertalanffy a mediados del siglo XX, donde éstos son descritos no por las propiedades intrínsecas de sus componentes, sino por cómo se organizan e interactúan.

A partir de tales fundamentos es que se ha desarrollado un fértil campo de conocimiento dedicado al estudio de los sistemas complejos, es decir, el campo de las ciencias de la complejidad. Pero, ¿cómo pueden definirse y por qué es relevante comprenderlos? En términos generales, pueden definirse como una gran pluralidad de componentes que están en constante interacción entre sí en su escala local, es decir, con los componentes "vecinos"; dichas interacciones a escalas mayores producen un comportamiento global no trivial y observable, exhibiendo una autoorganización de la estructura sin necesidad de intervención externa o de componentes "líderes".

Las propiedades de esta colección de componentes no pueden entenderse o predecirse únicamente con el conocimiento de las características de dichos componentes (De Domenico *et al.*, 2019). Aquí entran a escena los conceptos de interacciones, retroalimentación, dinámicas no lineales, caos, autoorganización, recursividad y otros muchos que tratan del estudio de los sistemas complejos, y de los cuáles se ocupan las ciencias de la complejidad.

Pero ¿por qué resultan relevantes? La respuesta puede residir en que el paradigma del pensamiento sistémico, en donde las propiedades de los componentes individuales no representan la esencia general, abre la posibilidad de conceptualizar y caracterizar diversos sistemas aparentemente dispares como complejos a fin de que, desde el entendimiento de sus procesos y dinámicas de interacción, se pueda explicar y predecir la ocurrencia de diversos fenómenos. Los sistemas complejos no son entidades raras o escasas, sino que predominan en diversas estructuras del universo (Miramontes, 1999).

Además, pueden ser de naturaleza muy distinta, Steven Johnson (2001) expone una muestra de ello en su libro *Sistemas emergentes: o qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Pueden presentarse en muy diversas escalas y ser de origen biológico, físico o social, por ejemplo, las células, el sistema inmune, un enjambre de abejas, un ecosistema, una sociedad, el tráfico de una ciudad o la ciudad misma, una planta, un ser humano; todas estas entidades tienen en común que cuando sus componentes interactúan, emergen cualidades diferentes a las que resultarían de la simple suma de sus componentes.

EL DISEÑO

¿Qué es diseño?, ¿qué o quiénes diseñan?, ¿todo lo que creamos es diseño?, ¿una ciudad es diseñada o se autodiseña?, si bien se puede dar respuesta a estas preguntas desde distintos enfoques, en este texto nos referimos a la disciplina que aplica un proceso de desarrollo de proyectos que abarcan etapas de investigación, análisis, síntesis, diagnóstico, etapas creativas, validación, gestión e implementación de propuestas y desarrollos tecnológicos que deriven en la resolución de problemas y problemáticas a partir de una propuesta que puede incluir distintos tipos de creaciones objetuales.

Diseñar es una actividad que puede abarcar un extenso abanico de posibilidades: el diseño gráfico, industrial, diseño de servicios, experiencias, de interfaces, así como la arquitectura, el urbanismo, entre otras, son disciplinas cuyo eje central de acción reside en el proceso de diseño. El enfoque de la disciplina del diseño se refiere por lo general a las tecnologías, objetos o redes creados por los humanos para su subsistencia y bienestar; el diseño tiene distintos niveles de abstracción en los que se puede desenvolver quien diseña, desde mera aplicación, hasta teorías, cada uno con sus distintos dominios y áreas de desarrollo, además de distintos órdenes: desde símbolos hasta sistemas, tal como lo plantea Buchanan. (2015; figura 1).

En un punto de nuestra historia, los objetos y hábitats que creamos se volvieron parte integral de las sociedades; Bruno Latour plantea que ninguna ciencia de lo social puede iniciarse sin explorar primero la cuestión de quién y qué participa en sus procesos, aunque esto signifique considerar la incorporación, como componentes de los sistemas sociales, de elementos que, a falta de mejor término, llama no-humanos (Latour, 2008), refiriéndose a las cosas que creamos. Además sostiene que éstas podrían autorizar, permitir, dar los recursos, alentar, sugerir, influir, bloquear, hacer posible, prohibir la acción humana y las interacciones de un sociosistema. De estas ideas parte la relación de la complejidad y el diseño.

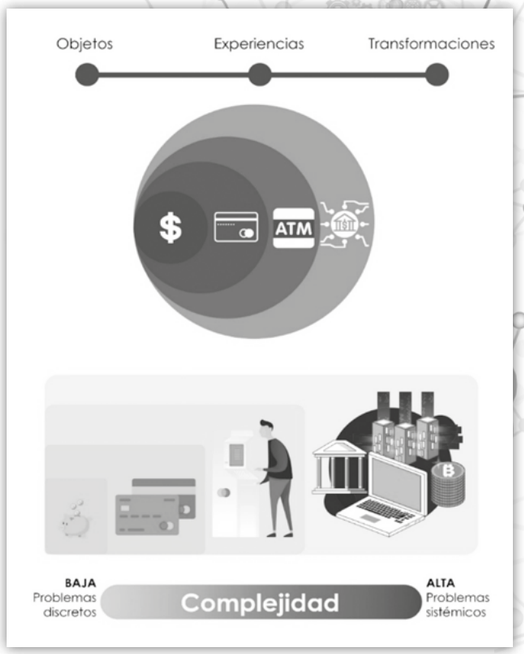


Figura 1. Representación de las escalas/órdenes del diseño, desde lo simbólico y objetual, pasando por la experiencia, hasta alcanzar transformaciones en los sistemas –representación basada en Buchanan (2015), y en Bas Leurs e Isobel Roberts de Nesta –www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-do-we-mean-design– (elaboración propia extraída del libro *Nociones sobre diseño complejo –Sosa Compeán, 2020–).*

COMPLEJIDAD Y DISEÑO

Las personas, sus hábitats y sus objetos pueden considerarse en conjunto como una unidad sistémica que podría caracterizarse como un sistema complejo, por tanto, dichos sociosistemas podrían ser intervenidos para optimizar sus procesos y que evolucionen de maneras más sostenibles con base en conocimiento derivado de las ciencias de la complejidad; desde este enfoque se entenderían los artefactos, interfaces, símbolos, señales, caminos, configuraciones del espacio, servicios y cualquier tipo de objeto como información estructurada; todos éstos, cuando se introducen a la red de manera específica y comienzan sus interacciones con las personas y con su medio, detonan procesos y conductas que derivarían en soluciones a problemáticas sociales.

Es en el sentido de que formamos parte de un todo, y que lo que se diseña a escala local, a su vez, diseña las configuraciones de las estructuras a escalas globales conforme pasa el tiempo, en donde el diseño y la complejidad se encuentran, abriendo paso a un enfoque estratégico del diseño que basa sus propuestas en conocimiento científico que se aplica abordando los contextos sociales como complejos e isomorfos a sistemas complejos de cualquier índole, como los biológicos, por ejemplo.

Las ciencias de la complejidad pueden proporcionar herramientas que ayudan a entender procesos de los sociosistemas y así poder determinar cómo, cuándo, dónde y qué características debe tener un proyecto de diseño, aclarando que un proyecto puede contener en su estrategia diversos objetos. A este respecto, destacan como conocimientos útiles para el diseño dos teorías de las ciencias de la complejidad: la teoría de juegos y la teoría de redes.

Por un lado, la teoría de juegos es definida a grandes rasgos como un enfoque matemático y conceptual que se utiliza para analizar situaciones en las que las decisiones de un individuo se ven afectadas por las decisiones de otros; esto nos ayudaría a entender la lógica de los agentes interactuantes, es decir, tratar de entender qué es lo que los impulsa actuar y por qué considerando situaciones de conflicto en las que las decisiones dependen de las acciones de otros agentes.

Por otro lado, la teoría de redes es un campo de estudio interdisciplinario enfocado en el análisis de las redes de interconexiones e interacciones de los componentes o agentes de un sistema, que son representadas como conjuntos de nodos interconectados. A partir de estas estructuras se estudian los flujos y propagación de la información, lo que nos ayudaría, a la hora de diseñar, a mapear las interacciones, es decir, quién interactúa con quién y cómo lo hace, para desde la teoría evaluar la posición y relación de cada agente (persona, objeto o entidad diseñada) con respecto al resto de la red, y así poder evaluar su rol o impacto en lo global y decidir intervenirlo o no.

CONCLUSIONES

Las cosas no funcionan solas, en la realidad, para describir un fenómeno, no podemos desligar ni a las cosas que diseñamos, ni a los humanos de su hábitat, ni de su interrelación; en los sistemas sociales las interacciones entre las personas, los objetos y el hábitat determinan en gran medida los estados futuros de éste, y estas interacciones se derivan de las características de dichos agentes, por ello no es trivial el enfoque de la complejidad para el diseño.

Este enfoque científico del diseño se centraría en la entidad global que representa el sistema, y se buscaría que se autogeneren soluciones a partir de las interacciones locales. Haciendo una analogía con otras disciplinas, sería como lo que los biotecnólogos realizan al diseñar sistemas biológicos, los cuales se desarrollan de manera particular por la intervención de sus genes.

La incorporación de las ciencias de la complejidad a las actividades del diseño consistiría en que las entidades diseñadas se propondrían principalmente por sus funciones sistémicas, es decir, a partir de qué rol cumplen dentro del sistema global (organizadores, atractores, disipadores, conectores, por ejemplo), pero sin dejar de lado las características que permiten las interacciones a escalas locales (como la usabilidad o compatibilidad con otras cosas, por ejemplo).

REFERENCIAS

Buchanan, R. (2015). Worlds in the Making: Design, Management, and the Reform of Organizational Culture. She Ji: *The Journal of Design, Economics, and Innovation.* 1(1):5-21.

De Domenico, M., *et al.* (2019). *Complejidad explicada*. Disponible en: https://complexityexplained.github.io/ComplexityExplained[Spanish].pdf

Johnson, S. (2001). *Sistemas emergentes o que tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: Turner.

Latour, B. (2008). *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor red.* Buenos Aires: Ediciones Manantial.

Miramontes, O. (1999). Los sistemas complejos como instrumentos de conocimiento y transformación del mundo. En: Santiago Ramírez (coord.). *Perspectivas sobre la teoría de sistemas.* México: UNAM-Siglo XXI.

Sosa-Compeán, L.B. (2020). *Nociones sobre diseño complejo: proyectar considerando la emergencia de los sociosistemas.* Monterrey: Labyrinthos Editores/UANL.

Descarga aquí nuestra versión digital.

SECCIÓN ACADÉMICA

Detección inalámbrica de frecuencia respiratoria utilizando señales Wi-Fi y aprendizaje automático

Síntesis de películas de nanoalambres de óxido cúprico a partir de materiales de una mina mexicana

Detección inalámbrica de frecuencia respiratoria utilizando señales Wi-Fi y aprendizaje automático

Jesús A. Armenta-García* ORCID: 0000-0002-3348-7906
Félix F. González-Navarro* ORCID: 0000-0002-9627-676X
Jorge E. Ibarra-Esquer* ORCID: 0000-0003-2636-5051
Jesús Caro-Gutiérrez* ORCID: 0000-0003-2467-5937

https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-3

RESUMEN

Es posible utilizar el Wi-Fi para la detección inalámbrica, con aplicaciones en la localización de interiores, reconocimiento de actividades, identificación de personas y en el monitoreo de signos vitales. Es por esto que en este trabajo se presenta cómo se puede utilizar el Wi-Fi para aplicaciones de detección inalámbrica, así como una metodología seguida para el desarrollo de un monitor de frecuencia respiratoria haciendo uso de señales Wi-Fi y aprendizaje automático, específicamente de un clasificador K-NN, obteniendo resultados satisfactorios, demostrando la aplicabilidad de dicha tecnología para la detección inalámbrica.

Palabras clave: CSI, aprendizaje automático, detección inalámbrica, Wi-Fi, monitoreo de frecuencia respiratoria.

ABSTRACT

It is possible to utilize Wi-Fi as a wireless sensing technology, having applications in indoor localization, activity recognition, human identification and monitoring vital signs. Therefore, in this paper we present how Wi-Fi can be used for wireless sensing applications such as the methodology followed to develop a breathing rate monitor using Wi-Fi signals and machine learning, specifically a K-NN classifier, obtaining satisfactory results, demonstrating the applicability of such technology in wireless sensing.

Keywords: CSI, Machine Learning, Wireless Sensing, Wi-Fi, Breathing Rate Monitoring.

WI-FI COMO TECNOLOGÍA DE DETECCIÓN INALÁMBRICA

La detección inalámbrica consiste en la medición de propiedades físicas de un objeto, persona o medio ambiente sin tener contacto físico con él por medio de la fijación de un sensor. Dadas sus características, las tecnologías de detección inalámbrica han sido un foco de atención en los últimos años, siendo los sistemas de grabación y reproducción de imágenes las más utilizadas. Sin embargo, existe una tecnología de mayor cobertura con millones de dispositivos en funcionamiento que puede usarse para la detección inalámbrica: el Wi-Fi.

Para hacer uso de dicha tecnología es necesario apoyarse en lo que se conoce como la información de estado del canal (CSI, por sus siglas en inglés), la cual es generada por los dispositivos de red para mitigar los efectos de la propagación multitrayecto (Halperin *et al.*, 2010; para entender estos efectos véase la figura 1). En ésta puede observarse que la señal transmitida desde un transmisor (Tx) a un receptor (Rx) sufre de reflexiones con distintos elementos en la habitación, formando una superposición de señales desfasadas y atenuadas en Rx con relación a la señal original. Estos desfases y atenuaciones se ven reflejados en la CSI, representada por un número complejo cuya parte real corresponde a la amplitud y la parte imaginaria al desfase.

* Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México.
Contacto: fernando.gonzalez@uabc.edu.mx

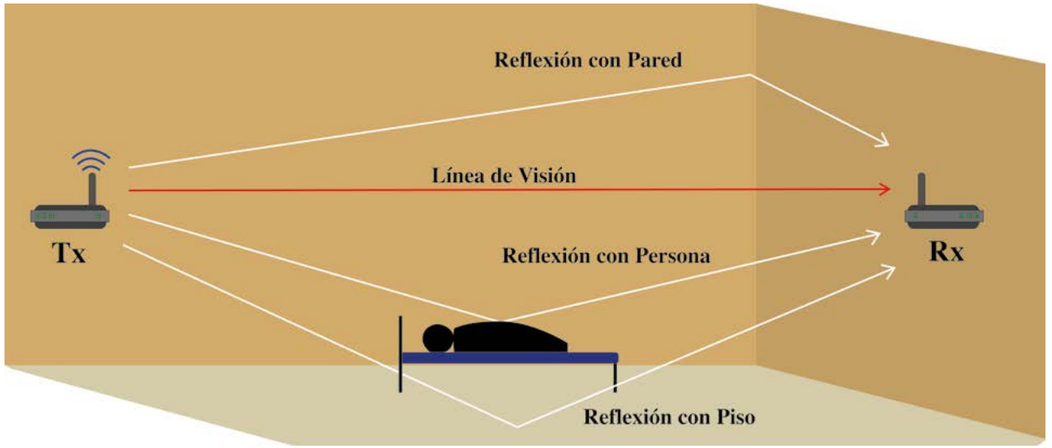


Figura 1. Propagación de señal por múltiples trayectorias.

Las variaciones que se presentan en la amplitud y fase de la CSI son las que permiten obtener una descripción del comportamiento de la señal en presencia de objetos estacionarios o en movimiento. Dicho comportamiento, con apoyo de procesamiento de señales y aprendizaje automático, se puede caracterizar, logrando así la detección inalámbrica

Para el experimento realizado, la recolección de CSI se llevó a cabo utilizando una herramienta que opera bajo el estándar Wi-Fi 802.11n (mejor conocido como Wi-Fi 4), el cual hace uso del método de modulación multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM, por sus siglas en inglés), para el envío de información que divide el canal en 64 subportadoras, por lo que al recolectar el CSI en un instante, se tendrían 64 números complejos, uno por subportadora y con comportamiento distinto debido a la diferencia de frecuencias centrales.

En la actualidad, la CSI de una señal Wi-Fi ha sido utilizada para la localización en interiores combinando redes neuronales convolucionales para determinar la ubicación actual de una persona (Hoang *et al.*, 2020); mientras que Narui *et al.* (2019) hicieron uso de la CSI y aprendizaje automático para el reconocimiento de actividades cotidianas. Por otra parte, Ding *et al.* (2020) la utilizaron para la identificación de personas combinando distintos métodos de aprendizaje profundo. Adicionalmente, Gu *et al.* (2021) desarrollaron un sistema para monitoreo de frecuencia respiratoria y cardíaca durante el sueño por medio de procesamiento digital de señales. Además, se ha utilizado aprendizaje automático para la identificación de una frecuencia respiratoria irregular (Khan *et al.*, 2021) y para la detección de rangos de frecuencia respiratoria baja, normal y elevada (Ashleibta *et al.* 2021), ambos utilizando K-vecinos cercanos (*K-NN* por sus siglas en inglés).

METODOLOGÍA

Adquisición y procesamiento de señales Wi-Fi

Para demostrar la aplicabilidad de una señal Wi-Fi como tecnología de detección se desarrolló un sistema para el monitoreo de frecuencia respiratoria, para ello se contó con la participación de 17 personas del escenario de prueba mostrado en la figura 2, contando con dos miniPC Intel NUC equipadas con una tarjeta de red Intel 5300 cada una y haciendo uso de la herramienta Linux 802.11n CSI Tool (Halperin *et al.*, 2011), la cual proporciona la CSI de 30 subportadoras por cada antena en Rx. Una miniPC actuaba como Tx, equipada con una antena omnidireccional enviando 25 paquetes de red por segundo a la miniPC que actuaba como Rx, equipada con tres antenas omnidireccionales y ambas operando en la banda de 5 GHz. Cada participante debía recostarse en la camilla por periodos de cinco minutos y sincronizar su respiración con el sonido de un metrónomo, cubriendo las frecuencias de 9, 12, 15, 18 y 21 respiraciones por minuto (RPM). Adicional a esto, se colocó un acelerómetro sobre el abdomen para obtener el valor de frecuencia respiratoria real.

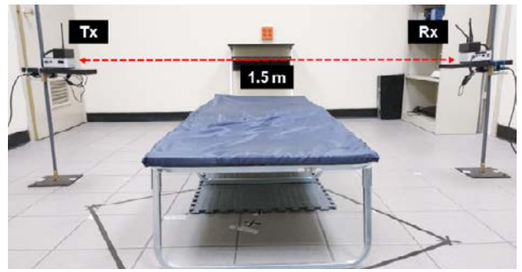


Figura 2. Escenario de recolección de datos.

Una vez llevado a cabo el proceso de recolección, las subportadoras fueron sometidos a una etapa de adecuación, haciendo separación en grupos de datos delimitados por ventanas de tiempo de 40 segundos y seleccionando únicamente diez para continuar con la adecuación con base en la varianza que presentaran en dicha ventana de tiempo, ya que se observó que, a mayor varianza, la cantidad de información que contenía la subportadora acerca de la respiración era mayor. A cada ventana se le aplicaba una serie de filtros digitales comúnmente para localizar la frecuencia respiratoria a partir de la señal Wi-Fi (filtro Hampel, filtro polinomial y filtro paso-bandas con frecuencias de corte de 0.1 y 0.4 Hz). El resultado del proceso de adecuación puede observarse en la figura 3, donde se comparan la señal original y la procesada.

De la señal ya adecuada es posible obtener una primera estimación de la frecuencia respiratoria realizando un análisis del espectro. Si bien puede resultar suficiente para su monitoreo, siendo la reportada en la bibliografía, la implementación de algoritmos de aprendizaje automático mejoraría el desempeño del sistema construido hasta ahora, ya que su implementación ha traído mejorías en aplicaciones de la informática médica y es una tendencia en la actualidad.

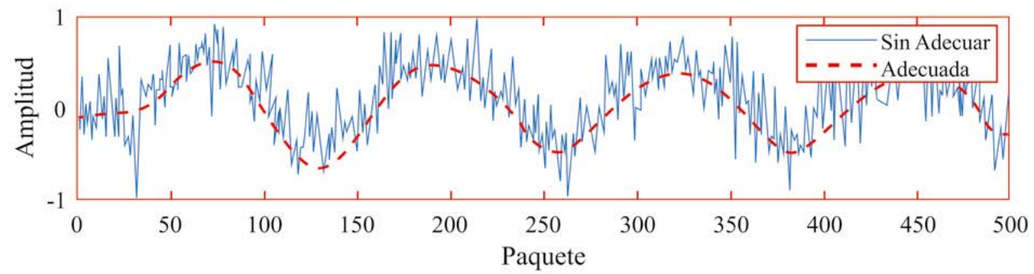


Figura 3. Señal resultante después del proceso de adecuación.

Etiquetado de los datos e implementación del aprendizaje automático

De la señal adecuada, que sería la de respiración, se extrae de cada subportadora una serie de características del dominio del tiempo (media, varianza, asimetría y curtosis), y del dominio de la frecuencia (frecuencia con mayor amplitud y desviación estándar del espectro), así como la media, desviación estándar y varianza de los coeficientes obtenidos con la transformada Wavelet. Estas características, junto con la primera estimación, son utilizadas para construir una observación que será enviada a un clasificador K-NN. Éste asignará a los datos una etiqueta asociada al rango de frecuencia respiratoria en RPM que corresponda a la señal. Los rangos en RPM, la etiqueta y el índice de clase, que es el valor que realmente asigna el clasificador, son los siguientes: 1 para frecuencias respiratorias menores a 10 RPM; 2 entre 11 y 13 RPM; 3 para valores entre 14 y 16 RPM; 4 entre 17 y 19 RPM, y 5 para toda aquella frecuencia respiratoria mayor a 20 RPM. Dichos rangos auxilian en la identificación de patrones regulares e irregulares de respiración.

Se dividió el conjunto de datos en dos particiones, estando la primera conformada por datos pertenecientes a 13 personas y la segunda por datos de otras cuatro personas. La primera corresponde a los datos que se utilizaron para el entrenamiento de un clasificador K-NN, cuyos parámetros de configuración fueron definidos utilizando optimización bayesiana, resultando en una k = 1, que corresponde a la cantidad de vecinos (observaciones) a considerar para selección de clase y distancia Hamming como métrica de distancia, mientras que la segunda fue utilizada para evaluar el clasificador, utilizando como métricas de desempeño la exactitud, sensibilidad, precisión y especificidad. Un resumen de la metodología expuesta desde la adquisición de los datos hasta la clasificación con K-NN se presenta en la figura 4.

Al evaluar el desempeño del clasificador K-NN se obtuvo una exactitud, sensibilidad, precisión y especificidad promedio de 99.2%, 97.9%, 98% y 99.5%, respectivamente, mientras que el desglose de desempeño por clase se presenta en la tabla I, en la que podemos observar que la Clase 1 presentó los valores de exactitud, precisión y especificidad más bajos; sin embargo, se mantienen por arriba de 95%. Los valores de las métricas obtenidas para las cinco clases posibles nos muestran que los resultados proporcionados por el clasificador son confiables y que los atributos extraídos para cada observación verdaderamente caracterizan su respectivo rango de frecuencia respiratoria. Para asegurarnos de este último enunciado se aplicó la incrustación de vecinos estocásticos distribuidos en t (*t-SNE*, por sus siglas en inglés), un método de visualización de datos de altas dimensiones, con la finalidad de observar agrupaciones de los datos en caso de pertenecer a una misma clase, es decir, a un mismo rango de frecuencia respiratoria, en dos dimensiones.

El resultado del método de visualización se presenta en la figura 4, en donde es posible observar que se forman agrupaciones de datos de una misma etiqueta de clase en una misma región del plano. Estas agrupaciones muestran que observaciones que pertenecen a un mismo rango de frecuencia respiratoria

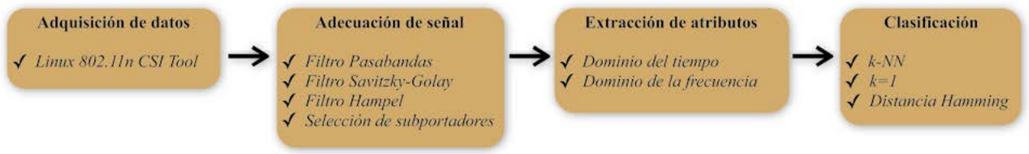


Figura 4. Diagrama de metodología.

Tabla I. Resultado de la clasificación de rangos de frecuencia respiratoria por clase.

Clase	Exactitud	Sensibilidad	Precisión	Especificidad
1	*98.84%*	*98.82%*	*95.45%*	*98.85%*
2	*99.09%*	*97.92%*	*97.65%*	*99.39%*
3	*99.69%*	*98.85%*	*99.61%*	*99.90%*
4	*99.25%*	*98.00%*	*98.28%*	*99.56%*
5	*99.03%*	*96.14%*	*98.80%*	*99.74%*

son similares entre sí, pero visualmente distintas a observaciones pertenecientes a un rango diferente. Es por esto que, a partir del análisis de la figura obtenida por t-SNE, se comprende por qué K-NN obtiene valores de desempeño por arriba de 97%, ya que al ser un clasificador basado en instancias (observaciones), su desempeño está altamente relacionado con la similitud entre observaciones pertenecientes a una misma clase y a la diferencia entre observaciones de distintas clases de acuerdo a una métrica de distancia.

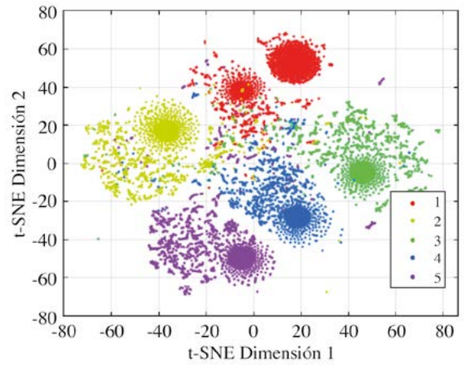


Figura 5. Visualización de los datos en dos dimensiones.

CONCLUSIÓN

El uso de señales Wi-Fi como tecnología de detección inalámbrica ha demostrado resultados prometedores en las áreas de localización de interiores, reconocimiento de actividades, identificación de personas y, como quedó demostrado en este artículo, al combinar los métodos convencionales para estimación de frecuencia respiratoria con métodos de aprendizaje automático se obtienen resultados satisfactorios para su monitoreo, alcanzando una exactitud promedio de 99.2%. Sin embargo, una limitante que se presenta al utilizar la herramienta de recolección Linux 802.11n CSI Tool es que resulta obligatorio utilizar las tarjetas de red Intel 5300 y, por ende, una computadora como dispositivo de red en lugar de utilizar la infraestructura ya instalada.

El uso de esta tecnología para tales aplicaciones aún está en sus inicios. Al tratarse de una señal electromagnética, es susceptible a perturbaciones y éstas pueden afectar de forma negativa el desempeño de los sistemas basados en la CSI, es por ello que para futuras investigaciones es necesario considerar diversos escenarios y fuentes de ruido. Cabe destacar que la metodología presentada obtuvo un alto desempeño aun a pesar de estar en un escenario en el que existen múltiples redes Wi-Fi en operación, las cuales pueden ser vistas como una fuente de ruido electromagnético.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Conacyt y a la 22ª Convocatoria Interna de Apoyo a Proyectos de Investigación 2020 de la UABC por su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

Ashleibta, A.M., *et al.* (2021). Non-Invasive RF Sensing for Detecting Breathing Abnormalities Using Software Defined Radios. *IEEE Sensors Journal.* 21(4):5111-5118. Disponible en: https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3035960

Ding, J., Wang, Y., y Fu, X. (2020). Wihi: Wi-Fi Based Human Identity Identification Using Deep Learning. *IEEE Access.* 8:129246-129262. Disponible en: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3009123

Gu, Y., *et al.* (2021). Wital: WiFi-based Real-time Vital Signs Monitoring During Sleep. *TechRxiv.* Disponible en: https://doi.org/10.36227/techrxiv.14381750.v1

Halperin, D., *et al.* (2010). Predictable 802.11 Packet Delivery from Wireless Channel Measurements. SIGCOMM Comput. *Commun. Rev.* 40(4):159-170. Disponible en: https://doi.org/10.1145/1851275.1851203

Halperin, D., *et al.* (2011). Tool Release: Gathering 802.11n Traces with Channel State Information. *ACM SIGCOMM CCR.* 41(1):53.

Hoang, M.T., *et al.* (2020). A *CNN-LSTM* Quantifier for Single Access Point CSI Indoor Localization, CoRR, abs/2005.0. Disponible en: https://arxiv.org/abs/2005.06394

Khan, M.I., *et al.* (2021). Tracking vital signs of a patient using channel state information and machine learning for a smart healthcare system. *Neural Computing and Applications.* Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00521-020-05631-x

Narui, H., *et al.* (2019). Domain Adaptation for Human Fall Detection Using WiFi Channel State Information. *Precision Health and Medicine Studies in Computational Intelligence.* Pp. 177-181. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24409-5_17

Descarga aquí nuestra versión digital.

Síntesis de películas de nanoalambres de óxido cúprico a partir de materiales de una mina mexicana

Nora Elizondo Villarreal*, Eleazar Gándara Martínez*, Dora Martínez Delgado*, Francisco Vázquez Rodríguez*

https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-5

RESUMEN

Obtención directa de nanoalambres de $Cu(OH)_2$ a partir del mineral cuprita, para la escala nanométrica y a bajo costo de películas delgadas de nanoalambres de $Cu(OH)_2$. Mediante espectroscopía de absorción atómica se encontró 5% de cobre en la mena de mina utilizada. Entonces se obtuvo $CuCl_2.2H_2O$ por ultrasonido a una temperatura de 50°C por 15 minutos. La película homogénea de color azul claro mostró por XRD que es $Cu(OH)_2$ ortorrómbico y el TEM indicó una morfología con una distribución homogénea de nanoalambres de varios micrómetros de longitud y diámetros ± 100 nm.

Palabras clave: nanomateriales, minería, nanoalambres, óxido cúprico, película.

ABSTRACT

Direct obtaining of $Cu(OH)_2$ nanowires from the mineral cuprite, for the low cost and nanometric scale preparation of thin films of $Cu(OH)_2$ nanowires. Using atomic absorption spectroscopy, 5% copper was found in the mine ore used. Then $CuCl_2.2H_2O$ was obtained by ultrasound at a temperature of 50°C for 15 minutes. The light blue homogeneous film was shown by XRD to be orthorhombic $Cu(OH)_2$ and TEM indicated a morphology with a homogeneous distribution of nanowires of several micrometers in length and diameters ± 100 nm.

Keywords: Nanomaterials, mining, nanowires, cooper oxide, film.

México es un país con grandes fuentes de riqueza, tanto en términos de biodiversidad como de materia prima; entre los principales recursos se encuentran las tierras raras y los metales preciosos, como la plata (Ag) y el cobre (Cu), de los que ocupa, respectivamente, el primer y el séptimo lugar en producción en el mundo (Harp, 2020).

Aunque hay investigaciones sobre el uso del cobre (Cisternas, 2022), no son suficientes en el tema de la minería, sobre todo en nuestro país, donde es una gran industria que debería invertir más en ciencia, como la nanotecnología, por su gran número de aplicaciones: tratamiento de aguas residuales (Alka, 2021), aplicaciones de nanopartículas en biomedicina (Muhammad, 2021), uso de nanopartículas de cobre en terapias contra el cáncer (Tabrez, 2022), en electrónica, en catálisis heterogénea de alta eficiencia (Gawande, 2016), o en forma de sulfuros u óxidos en baterías de iones o como antifúngico y antimicrobiano (Gómez, 2017).

Pero no sólo las partículas, también las películas de óxido de cobre (Diachenko, 2021) o nanohojas con propiedades antimicrobacterianas (Iqbal, 2021), o los nanoalambres de CuO combinado con silicio para degradación fotovoltaica (Mahmoudi, 2021).

Existen pocos estudios de síntesis de algunas nanopartículas con material de mina, como el de agua residual de mina para obtener nanopartículas bimetálicas de FeCu (Dlamini, 2021) o la síntesis de nanopartículas partiendo residuos de mineral de minas (Pinto, 2020), pero no hay trabajos sobre la síntesis de nanoalambres de algún material o elemento, por lo que la presente investigación sería

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

una aportación al tema de nanotecnología con la síntesis de este nanomaterial partiendo de mineral de mina, y para la minería al demostrar una nueva aplicación para sus materiales.

Además, al depositar películas con este material se abriría la aplicación para todo tipo de recubrimientos, tratando de reproducir alguna de las propiedades mencionadas anteriormente.

METODOLOGÍA

Para la obtención de sal de cobre $CuCl_2.2H_2O$ a partir de la piedra de mina (figura 1), ésta se tritura hasta que sólo queden fragmentos de 1 cm de diámetro, después se pesan cinco gramos de polvos obtenidos, a los que se les añade una solución de 2.5 ml de ácido clorhídrico y 2.5 ml de agua desionizada. Esta solución es llevada a ultrasonido durante 30 minutos a una temperatura de 50°C y se almacena en tubos de ensayo por 24 horas. Posteriormente se lava la muestra en una centrífuga durante 5 min a 2 mil rpm. A la solución final se añaden 5 ml de etanol y, finalmente, se pone en el horno a 90°C por tres horas.

El proceso de formación de la película consiste en colocar $CuCl_2.2H_2O$ y NaOH, por separado, en recipientes con agua desionizada y agitarlos durante 20 minutos. Una vez terminado el proceso se vacían juntos y se mezclan por otros 20 minutos. Con el mezclado finalizado se colocan en un recipiente para su exposición al ultrasonido.

La mezcla se mantiene dentro de la máquina de ultrasonido a una temperatura de 50°C por 15 minutos. Para la formación de la película se utilizó una placa rotativa en la cual se depositó, mediante goteo, la solución final, esta película se dejó en un horno por 24 horas a 60°C.

Figura 1. Mineral de mina de cobre.

Las propiedades químicas del polvo de mineral fueron estudiadas por absorción atómica en espectrofotómetros Varian AA200. Las propiedades estructurales de los nanoalambres se estudiaron utilizando un difractómetro de rayos Rigaku MiniFlexII con un ánodo de cobre (λ Cu Kα = 1.5418 Å). La morfología de los mismos fue hecha por un microscopio electrónico de barrido (SEM) Jeol JSM 5300-LV (FCFM-UANL).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procesamiento del mineral de una mina requiere que éste sea triturado y pulverizado antes de que comience la extracción de los materiales valiosos. Dado que la mayoría de los metales está presente en los minerales como óxidos o sulfuros, el metal debe reducirse a su forma metálica. Esto se puede lograr a través de diferentes medios como la fundición o la reducción electrolítica. En este trabajo se utilizó la reducción química partiendo de los estudios de los polvos mediante espectroscopía de absorción atómica, técnica usada comúnmente en minería para ver la composición del material a obtener y la viabilidad de la mina (Idris, 2022), dando como resultado 5% de cobre metálico en la mena de mina usada. Dato que se puede corroborar en la tabla I.

Tabla I. Espectroscopía de absorción atómica del polvo de mena de mina.

Material	%
SiO_2	70.53
Al_2O_3	9.58
Cu	4.66
Na_2O	3.42
Fe_2O_3	2.56
MgO	2.42
Otros	6.83

La película compuesta de nanoalambre, formada en el estudio, partiendo de material de mina (figura 2), mostró ser una película homogénea con un color azul claro, adhiriéndose bien al sustrato de vidrio, lo que demuestra su potencial para aplicaciones como recubrimientos o como parte de un material compuesto o híbrido combinado con algún otro nanomaterial (Mahmoudi, 2021).

El patrón de difracción de rayos X (figura 3) de la película delgada azul preparada mostró que todos los picos de difracción pueden indexarse como la forma ortorrómbica de $Cu(OH)_2$ en comparación con los archivos de tarjetas JCPDS No. 72-0140, resultado que coincide para nanoalambres de cobre con propiedades superhidrofóbicas de $Cu(OH)_2$ (Xin, 2018).

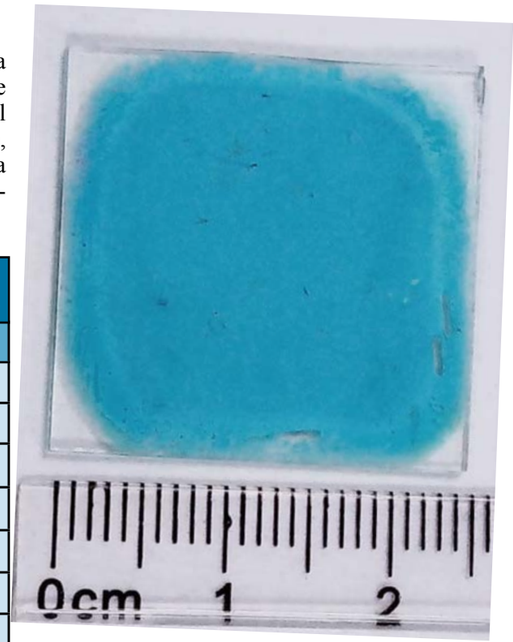


Figura 2. Película de nanoalambres de $Cu(OH)_2$.

En este patrón se pueden identificar tres picos principales, los planos (020), (021) y (002), característicos de este material; además, se demuestra que no existen picos de planos extra de otros materiales, lo que indica la calidad y pureza de la película sintetizada con este método y con este reactivo.

La formación del hidróxido de cobre (II) o $Cu(OH)_2$ se debe a que el cloruro de cobre es soluble en agua y se disocia de iones Cu_2+ y Cl-. Además, el NaOH se disocia fácilmente a iones Na+ y OH- en el agua, causando la reacción que se puede ver en la ecuación 1, formando el material, como residuo se tiene al NaCl o sal común, lo que hace esta síntesis de bajo impacto ambiental.

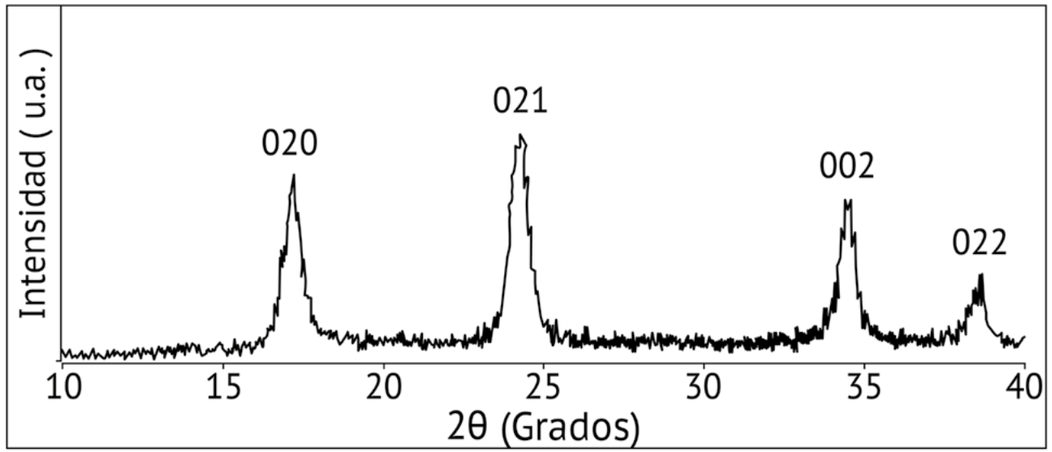


Figura 3. Patrón XRD de nano alambres de $Cu(OH)_2$.

Ecuación 1:

$$CuCl_{2(aq)} + NaOH_{(aq)} = Cu(OH)_{2(s)} + NaCl_{(aq)}$$

Las observaciones mediante el microscopio electrónico de barrido mostraron (figura 4) que la película azul sintetizada cuenta con morfología con distribución homogénea, compuesta por nanoalambres con varios micrómetros de longitud y con diámetros entre los 100 a 200 nm, esto en comparación con las imágenes obtenidas mediante la misma técnica de SEM, aunque la técnica de síntesis fue pulverización catódica por magnetrón (Lin, 2019), más compleja y cara, en comparación con la que se usa en este estudio. En cuanto al espesor de la película se estima que se tiene cerca de 1 micrómetro, en comparación con los resultados de depósito del mismo tipo de películas (Wang, 2018).

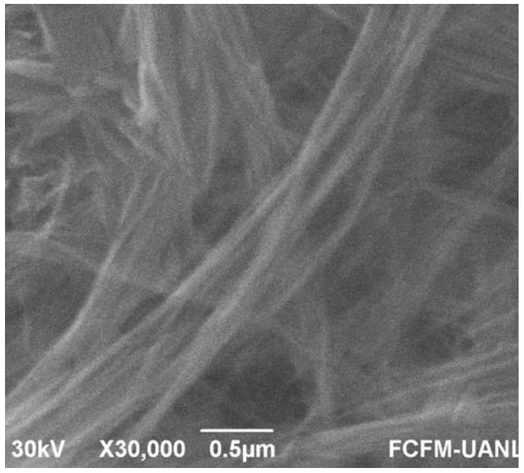


Figura 4. Imágenes SEM de nano alambres de $Cu(OH)_2$.

CONCLUSIONES

Se obtuvo $CuCl_2.2H_2O$ a partir del mineral de la mina y HCL, con los cuales se sintetizaron y depositaron con éxito películas delgadas de $Cu(OH)_2$ de nanoalambres bajo irradiación ultrasónica de ondas ultrasónicas a 50°C durante 30 min sin la ayuda de ningún tensioactivo, empleando $CuCl_2.2H_2O$ obtenido directamente del cobre mineral de una mina y NaOH como componente inicial.

REFERENCIAS

Alka, L.J.S., y Dhania, G. (2021). Applications of Nanotechnology in Wastewater Treatments. *Determinations Nanomed Nanotechnol.* 2(2). DNN.000535.

Bibi, H., Iqbal, M., Wahab, H., *et al.* (2021). Green synthesis of multifunctional carbon coated copper oxide nanosheets and their photocatalytic and antibacterial activities. *Scientific Reports.* 11(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-90207-5

Cisternas, N., Tobosque, P., Sbarbaro, D., *et al.* (2022). Heating Pre-Treatment of Copper Ores and Its Effects on the Bond Work Index. *Minerals.* 12(5):593.

Diachenko, O., Kováč Jr., J., Dobrozhan, O., *et al.* (2021). Structural and Optical Properties of CuO Thin Films Synthesized Using Spray Pyrolysis Method. *Coatings.* 11(11):1392.

Dlamini, N.G., Basson, A.K., y Pullabhotla, V.S.R. (2021). Synthesis and Application of FeCu Bimetallic Nanoparticles in Coal Mine Wastewater Treatment. Minerals. 11:132. https://doi.org/10.3390/min11020132

Gawande, M.B., Goswami, A., Felpin, F.-X., *et al.* (2016). Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis. *Chemical Reviews.* 116(6):3722-3811. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00482

Gómez-León, M.M., Román-Mendoza, L.E., Castro-Basurto, F.V., *et al.* (2017). Nanopartículas de CuO y su propiedad antimicrobiana en cepas intrahospitalarias. *Revista Colombiana de Química.* 46(3):28-36. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n3.62386

Harp, F. de M. (2020). *Anuario estadístico de la minería mexicana. Edición 2020.* Sitio de Servicio Geológico Mexicano. https://www.gob.mx/sgm

Idris, M.G., Umaru, D., Aliyu, A.N., *et al.* (2022). Atomic Absorption Spectroscopy Analysis of Heavy metals in water at Daura Gypsum Mining Site, Yobe State, Nigeria. *Journal for Foundations and Applications of Physics.* 8(2):227-234.

Lin, J., Gao, N., Liu, J., *et al.* (2019). Superhydrophilic Cu (OH)2 nanowire-based QCM transducer with self-healing ability for humidity detection. *Journal of Materials Chemistry A.* 7(15):9068-9077.

Mahmoudi, M., Bouras, O., Hadjersi, T., *et al.* (2021). Synthesis of CuO-modified silicon nanowires as a photocatalyst for the degradation of malachite green. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis.* 134(2):971-987.

Muhammad, A.J., Adeel, A. (2021). Synthesis and Characterization of Nickel Doped Iron Oxide Nano Particles for Biomedical Application. *Int J Conf Proc.* 2(5). ICP.000549. DOI: 10.31031/ICP.2021.02.000549

Pinto, W., Menzies, A., y Ordóñez, J. (2020). Bionanomining: biotechnological synthesis of metal nanoparticles from mining waste-opportunity for sustainable management of mining environmental liabilities. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 104. 10.1007/s00253-020-10353-0.

Tabrez, S., Khan, A., Mirza, A., *et al.* (2022). Biosynthesis of copper oxide nanoparticles and its therapeutic efficacy against colon cancer. *Nanotechnology Reviews.* 11(1):1322-1331. https://doi.org/10.1515/ntrev-2022-0081

Wang, J., Zhu, L., Ji, L., et al. (2018). Preparation of nanostructured $Cu(OH)_2$ and CuO electrocatalysts for water oxidation by electrophoresis deposition. *Journal of Materials Research.* 33(5):581-589.

Xing, H., Cheng, J., Zhou, C., *et al.* (2018). Fog collection on a conical copper wire: effect of fog flow velocity and surface morphology. *Micro & Nano Letters.* 13(8):1068-1070.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Desarrollo y repercusión de las películas delgadas en la actualidad

María Rocío Alfaro-Cruz*, Edith Luévano-Hipólito*, Leticia Myriam Torres-Martínez**

Orcid:0000-0002-7306-2240 Orcid:0000-0003-2988-405X Orcid:0000-0003-3328-0240

https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-6

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
**Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Chihuahua, México.
Contacto: MALFAROC@uanl.edu.mx

¿QUÉ SON LAS PELÍCULAS DELGADAS?

Diariamente, la mayoría de nuestras actividades laborales y sociales dependen del uso de diferentes dispositivos electrónicos, los cuales han llegado a ser parte fundamental de nuestro entorno, y nosotros, como sociedad, hemos tenido que adecuarnos a ellos. Los dispositivos electrónicos, como computadoras, celulares, televisiones inteligentes, baterías, celdas solares, etcétera, han permitido que la comunicación, el entretenimiento y el almacenamiento de energía se realicen de una manera más eficiente y su uso se ha vuelto tan común que más de 50% de la población mundial tiene acceso a ellos. Pero, ¿de qué depende su eficiencia?, ¿qué es lo que permite que tengamos mecanismos electrónicos de alta tecnología?

La eficiencia de todos éstos depende principalmente de la tecnología utilizada dentro de sus componentes electrónicos, los cuales están formados por un conjunto de películas delgadas de materiales semiconductores. ¿Películas delgadas, qué son y por qué nadie nos habla de ellas? Pues bien, son capas (nanométricas) de un material (generalmente semiconductor) depositadas sobre un sustrato que puede ser un metal, cerámico, semiconductor o un plástico (figura 1a).

Las películas delgadas son la base de la eficiencia tecnológica de gran parte de los dispositivos electrónicos que, como se pueden depositar en diversas superficies, pueden ser utilizadas no sólo en el área de electrónica, sino también en la fabricación de luces LED (figura 1b), celdas solares (figura 1c), televisiones de película delgada (figura 1d) y en superficies antibacteriales, recubrimientos autolimpiantes, o en herramientas

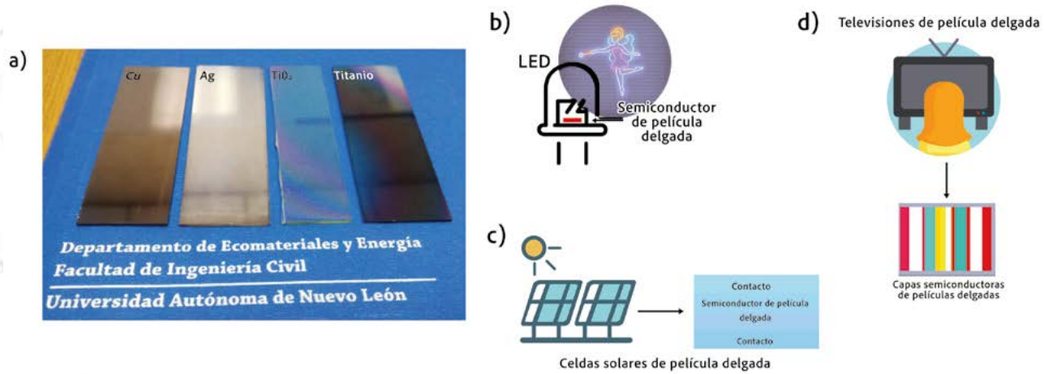


Figura 1. *a)* Imagen de películas delgadas cobre-Cu, plata-Ag, dióxido de titanio-TiO_2 y titanio-Ti obtenidas por erosión catódica en el Departamento de Ecomateriales y Energía. Las películas delgadas son utilizadas en *b)* diodos emisores de luz (LED), *c)* celdas solares y *d)* televisiones HD, entre muchas otras.

para proporcionar dureza en piezas mecánicas (Aida, *et al.*, 2018, Wang, *et al.*, 2021). Como ejemplo encontramos que los óxidos semiconductores de zinc (Zn), estaño (Sn), magnesio (Mg), entre otros, han sido utilizados en el desarrollo de sensores (Zulfa *et al.*, 2023), transistores (Yan *et al.*, 2022), detectores UV (Morari *et al.*, 2022), etcétera. Mientras que las películas de sulfuro de cadmio (CdS) han sido utilizados en aplicaciones de almacenamiento de energía, principalmente en celdas solares (Nowsherwan *et al.*, 2023). Todas estas investigaciones son posibles ya que las propiedades fisicoquímicas de los semiconductores proporcionan y aseguran la eficiencia para el buen funcionamiento de los dispositivos de película delgada.

FABRICACIÓN DE PELÍCULAS DELGADAS

En la actualidad existen diferentes técnicas para la obtención de películas delgadas de materiales semiconductores, las cuales se clasifican en técnicas físicas y químicas de depósito; ambas proporcionan diferentes propiedades fisicoquímicas que afectarán su eficiencia en la aplicación final del material. En general, las películas delgadas de diferentes óxidos semiconductores se obtienen a partir del depósito controlado de las especies atómicas, moleculares o iónicas que constituyen el material. El espesor debería ser menor de los 300 nm, pero si tienen un espesor mayor a los 500 nm ya podrían considerarse como películas gruesas o recubrimientos (Seshan, 2002). Otro punto importante para considerar es que, por lo general, sólo se consideran películas delgadas las que son depositadas mediante el uso de técnicas físicas que involucran sistemas de alto vacío (Seshan, 2002); sin embargo, en la mayoría de la bibliografía científica ambas son consideradas como delgadas.

El crecimiento de estas membranas comienza por un proceso de nucleación aleatoria, seguida de diferentes etapas de nucleación y crecimiento. Estas últimas etapas dependerán de las condiciones de depósito, como la temperatura, la tasa de depósito y la interacción química en la superficie del sustrato. Además, la nucleación puede ser afectada por algunos agentes externos, como el bombardeo de iones o electrones en el caso de los depósitos por técnicas físicas. En este sentido, la técnica que se elija para depositar un material definirá las propiedades fisicoquímicas de las películas y sus posibles aplicaciones. Por ello es importante definir la aplicación final de la película para elegir la técnica de depósito a utilizar, las cuales se describen a continuación.

Técnicas físicas y métodos químicos de depósito

Dentro de las técnicas físicas de depósito más utilizadas tenemos: por haces moleculares (*molecular beam epitaxy* MBE) (He *et al.*, 2023), por láser pulsado (*pulsed laser deposition* PLD) (Bleu *et al.*, 2023) y la pulverización catódica (*sputtering*) (Plugaru *et al.*, 2023). En las tres es necesario el uso de sistemas de ultra y alto vacío que favorecen la pureza de los materiales depositados, eliminando la presencia de contaminación y partículas dentro de las cámaras de depósito. Por ejemplo, la técnica por haces moleculares es una de las mejores, pues al utilizar ultraalto vacío (10^{-8}-10^{-11} Torr) no hay partículas o gases que interfieran o contaminen el crecimiento del cristal. Sin embargo, ya que el crecimiento se da en una capa atómica a la vez, las velocidades de depósito son menores de 1 µm/h (Seshan, 2002). Por otro lado, para depositar películas por láser pulsado es necesario un láser de alta energía, el cual es enfocado a la superficie de un blanco y, a través de pulsos, éste se vaporiza y se forma la película delgada (Seshan, 2002). Finalmente, en el caso de la pulverización catódica, el material es depositado a través del bombardeo de los átomos del material, los cuales viajan hasta la superficie del sustrato, como se observa en la figura 2a (Seshan, 2002).

Por otro lado, las películas delgadas depositadas por métodos químicos son ampliamente utilizadas en recubrimientos antibacteriales, superficies hidrofóbicas, fotocatalíticas, aplicaciones médicas, sensores electroquímicos, etcétera (Tomioka *et al.*, 2018; Angelina *et al.*, 2019). Estos métodos presentan la ventaja de que las soluciones precursoras son líquidas y permiten recubrir grandes áreas en diferentes tipos de sustratos, pues no están limitados por los portamuestras utilizados en las técnicas físicas.

Los métodos químicos permiten la fabricación de materiales amorfos y cristalinos, así como la obtención de películas delgadas de óxidos semiconductores, calcogenuros y compuestos de más de dos óxidos metálicos. Técnicas como el método sol gel o el depósito por baño

químico (Carrillo-Castillo *et al.*, 2022; Yan *et al.*, 2022) son de las más utilizadas debido a su facilidad de uso, pues sólo es necesario una solución precursora que contenga las sales metálicas, el solvente y un agente acomplejante cuya función sea retardar la reacción química entre el metal y el solvente. Por lo general, el crecimiento de las películas delgadas por estos métodos puede ser ion por ion o por medio de la interacción de partículas coloidales sobre el sustrato (figura 2b).

En el primer caso, los iones se colocan uno por uno al sustrato; mientras que, en el segundo, las partículas coloidales reaccionan con las especies disueltas, para después ser atraídas al sustrato mediante fuerzas Van der Waals. En este sentido, el método de adsorción y reacción de capas iónicas sucesivas (*Succesive ion layer adsorption, and reaction*, SILAR), es un ejemplo del crecimiento ion por ion de una película delgada (Thirumoorthi *et al.*, 2022). Ya que el método consiste en la inmersión alternada del sustrato en una solución que contiene una sal soluble de cationes para después sumergirlos en otra que contiene una sal soluble de aniones. Por lo tanto, cationes y aniones van formando la película durante el transcurso de los ciclos de depósito.

Otro de los métodos químicos es la impresión de chorro de tinta, conocido en inglés como *ink-jet printing*. Éste se basa en la expulsión de pequeñas gotas de tinta líquida por medio de un orificio micrométrico sobre la superficie de un sustrato (Fuller, Wilhelm y Jacobson, 2002). La fabricación de películas delgadas mediante inyección de tinta representa numerosas ventajas como una alta homogeneidad, gran simplicidad, compatibilidad con una gran cantidad de sustratos y la posibilidad de imprimir en grandes áreas a un bajo costo.

Es importante señalar que al tratarse de métodos químicos hay que tener en cuenta diferentes parámetros durante la síntesis de los materiales, los cuales pueden modificar las propiedades fisicoquímicas de las películas. Por ejemplo, parámetros como el pH, la concentración de las soluciones precursoras, la temperatura, la pureza de los precursores, entre otros, ya que pueden afectar la calidad de la película y, por lo tanto, la eficiencia del proceso donde está siendo utilizada.

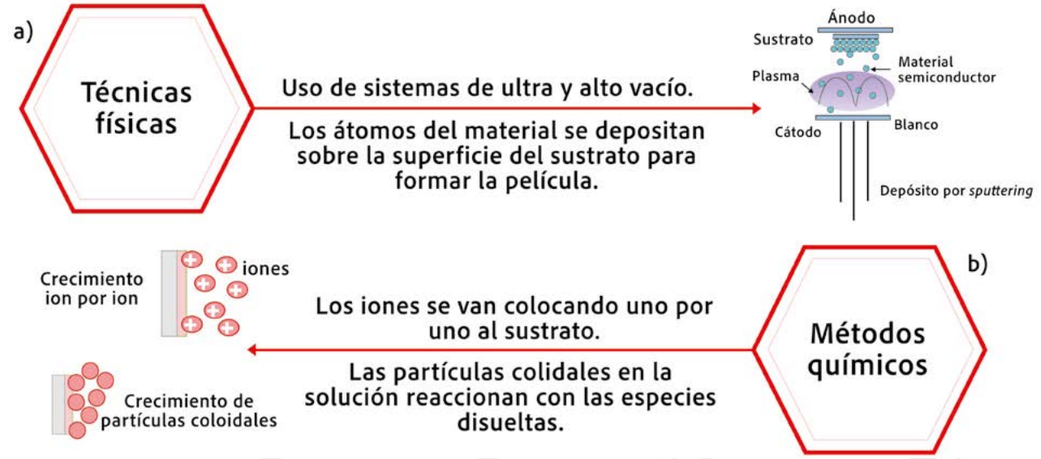


Figura 2. Crecimiento de las películas delgadas por las técnicas físicas y los métodos químicos de depósito.

PELÍCULAS DELGADAS: CASOS DE ÉXITO

Hoy en día existen muchísimos casos de éxito en los que el uso de las películas delgadas ha permitido avances en el desarrollo tecnológico que se ha traducido en la generación de nuevos productos. Empresas como Intel® han logrado desarrollar procesadores de película delgada de alta tecnología, los cuales permiten que la eficiencia en nuestras computadoras y juegos sea cada vez mejor (intel, s.a.). Por otro lado, Samsung® ha innovado de tal manera sus procesos de depósito que ha logrado desarrollar chips de 3 nm, los cuales reducirán hasta 45% el consumo de energía y tendrán 16% menos de área superficial que los de 5 nm (Samsung, 2023).

Por todo esto, el desarrollo e investigación en películas delgadas ha sobrepasado su uso en dispositivos electrónicos, promoviendo el desarrollo de aparatos cada vez más eficientes. Aunado a esto, su uso y aplicación se perfila para desarrollarse eficientemente en otros campos de investigación como la medicina, siendo aplicadas para prótesis retínales, válvulas cardiacas y en distintos huesos, ya que la ventaja de depositar una película delgada sobre éstos permite una mayor durabilidad de los componentes, sin la necesidad de realizar segundas intervenciones quirúrgicas, mejorando la calidad de vida de las personas (Wang *et al.*, 2022).

Por otro lado, la ingeniería civil ha hecho uso de películas y recubrimientos en edificios expuestos a la intemperie. Empresas como View® han utilizado recubrimientos electrocrómicos para aprovechar la luz natural y minimizar el uso de aire acondicionado dentro de los edificios, lo que permite un ahorro significativo en el consumo de energía (View, 2023). Por otro lado, Lamosa® ha desarrollado recubrimientos cerámicos/porcelánicos con efecto antibacterial (Lamosa Pisos & Muros, s.a.), ofreciendo productos de alta calidad de fácil acceso a la sociedad.

En la tabla I se resumen las investigaciones científicas de las aplicaciones antes mencionadas que hacen uso de las películas delgadas, las cuales, y sin darnos cuenta, están a nuestro alrededor más de lo que hubiéramos imaginado.

Tabla I. Resumen de algunas de las aplicaciones de las películas delgadas.

Área	Tipos	Aplicación	Referencia
Energía	Óxidos semiconductores	Celdas solares	(Doyan, *et al.*, 2018) (Kato *et al.*, 2018)
Medicina	Óxidos semiconductores	Prótesis retínales	(Zhang *et al.*, 2020)
	Metales	Válvula cardiaca	(J. Tracy Tina Angelina *et al.*, 2019)
Constucción	Óxidos semiconductores	Antibacteriales y autolimpieza	(Wang *et al.*, 2021)
Metales	Óxidos semiconductores	Anticorrosión	(Zhang *et al.*, 2020)
Electrónica	Óxidos semiconductores	Transistores	(Park, Kang y Kim, 2019)
		Capacitores	(Li *et al.*, 2021)
		Pantallas táctiles	(Doyan, *et al.*, 2018)

REFERENCIAS

Angelina, J.T.T., *et al.* (2019). *In vitro* haemocompatibility and cytocompatibility evaluation of silver thin film-deposited heart valve prosthesis material. *Mater Technol.* 34(8):471-479.

Bleu, Y., *et al.* (2023). Towards Room Temperature Phase Transition of W-Doped VO2 Thin Films Deposited by Pulsed Laser Deposition. *Materials.* 16:1-14.

Carrillo-Castillo, A., *et al.* (2022). New Formulation to Synthetize Semiconductor Bi2S3 Thin Films Using Chemical Bath Deposition for Optoelectronic Applications. *Symmetry.* 14:2487.

Doyan, A., Imawanti, Y.D., y Gunawan, E.R. (2018). Characterization Thin Film Nano Particle of Aluminum Tin Oxide (AlTO) as Touch Screen. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1097:012009.

Fuller, S.B., Wilhelm, E.J., y Jacobson, J.M. (2002). Ink-Jet Printed Nanoparticle Microelectromechanical Systems. *J Microelectromech Syst.* 11(1):54-60.

He, X., *et al.* (2023). Optimization of La2−xSrxCuO4 Single Crystal Film Growth via Molecular Beam Epitaxy. Condens. *Matter.* 8:13.

Intel. (s.a.). 2023. Disponible en: https://www.intel.la/content/www/xl/es/homepage.html

Kato, T., *et al.* (2018). Record Efficiency for Thin-Film Polycrystalline Solar Cells Up to 22.9% Achieved by Cs-Treated Cu(InGa) (Se,S)2', *J-PV.* 9(1):1-6.

Lamosa Pisos & Muros. (s.a.). Disponible en: https://lamosa.com/idea/espacios-para-jugar/

Li, X., *et al.* (2021), Ferroelectric Properties and Polarization Fatigue of La:HfO2 Thin-Film Capacitors', Phys. *Status Solidi RRL.* 15(4):1-7.

Morari, V., *et al.* (2022). Spin-Coating and Aerosol Spray Pyrolysis Processed Zn1−xMgxO Films for UV Detector Applications. *Nanomaterials.* 12:3209.

Nowsherwan, G.A., *et al.* (2023). Preparation and Numerical Optimization of TiO2:CdS Thin Films in Double Perovskite Solar Cell. *Energies.* 16:900.

Park, J.W., Kang, B.H., y Kim, H.J. (2019). A Review of Low-Temperature Solution-Processed Metal Oxide Thin-Film Transistors for Flexible Electronics', *Adv. Funct. Mater.* 30(20):1-40. Disponible en: https://doi.org/10.1002/adfm.201904632.

Plugaru, R., *et al.* (2023). Light-Sensing Properties of Amorphous Vanadium Oxide Films Prepared by RF Sputtering. *Sensors.* 23(4):1759.

Samsung. (2023). Disponible en: https://semiconductor.samsung.com/newsroom/news/samsung-begins-chip-production-using3nm-process-technology-with-gaa-architecture/

Seshan, K. (2002). *Handbook Of Thin-Film Deposition Processes And Techniques. Principles, Methods, Equipment and Applications.* K. Seshan. Norwich, New York, U.S.A.: William Andrew Publishing.

Thirumoorthi, M., *et al.* (2022). High responsivity n-ZnO/p-CuO heterojunction thin film synthesised by low-cost SILAR method for photodiode applications. *Opt. Mater.* 128:112410.

Tomioka, K., *et al.* (2018). Photosensing circuit using thin-film transistors for retinal prosthesis. *JJAP.* 57:1002B1.

View. (2023). Disponible en: https://view.com/product

Wang, H., *et al.* (2022). Degradation Study of Thin-Film Silicon Structures in a Cell Culture Medium. *Sensors.* 22:1-12.

Wang, T., *et al.* (2021). A compound of ZnO/PDMS with photocatalytic, self-cleaning and antibacterial properties prepared via two-step method. *Appl. Surf. Sci.* 550:149286. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.149286

Yan, X., *et al.* (2022). Fabrication and Properties of InGaZnO Thin-Film Transistors Based on a Sol-Gel Method with Different Electrode Patterns. *Micromachines.* 13:2207.

Zhang, D., *et al.* (2020). Electrochemical Corrosion Behavior of Ni-doped ZnO Thin Film Coated on Low Carbon Steel Substrate in 3.5% NaCl Solution. *Int. J. Electrochem.* Sci. 15:4117-4126.

Zulfa, V.Z., *et al.* (2023). Highly Sensitive ZnO/Au Nanosquare Arrays Electrode for Glucose Biosensing by Electrochemical and Optical Detection. *Molecules.* 28:617.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Ciencia de Frontera

Investigación guiada desde la ingeniería, la experiencia de Fernando Arámbula Cosío

María Josefa Santos Corral*

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

Fernando Arámbula Cosío es ingeniero mecánico electricista por la Facultad de Ingeniería de la UNAM; tiene una maestría en Diseño y Aplicación de Instrumentación Electrónica por la Universidad de Manchester, Inglaterra, y un doctorado en Robótica Avanzada por el Colegio Imperial de Ciencia, Tecnología y Medicina, de Londres. Sus áreas de investigación son: el análisis de imágenes médicas para aplicaciones en diagnóstico y en sistemas quirúrgicos guiados por imágenes. Temas en los que ha publicado numerosos artículos en revistas indexadas, capítulos de libro, dirigido tesis de licenciatura y posgrado, además ha registrado, junto con un grupo de investigación, una patente.

En 2011, al lado del Dr. Crescencio García, creó el Laboratorio de Imagenología Biomédica Física y Computacional (LIBFC) del entonces Centro de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la UNAM. Actualmente es investigador titular del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la UNAM.

¿Cómo transita de su vocación por la ingeniería a la investigación en distintas áreas de las Matemáticas aplicadas?

Mi tránsito a la investigación fue gradual. Estudié Electrónica, cuando salí quería trabajar en una empresa o formar una consultora de ingeniería. Sin embargo, conforme me acercaba al final de la carrera, en los ochenta, me di cuenta de que no podía conseguir empleo haciendo diseños electrónicos. No había modo o yo no lo veía cómo ser un un ingeniero con sueldo en diseño electrónico, que era lo que a mí me gustaba hacer.

A lo anterior se sumó que, al hacer mi tesis en el entonces Centro de Instrumentos de la UNAM, trabajé con un aparato electrónico avanzado, haciendo calibración y diagnóstico de fallas, preguntándome todo el tiempo si en los países desarrollados harían lo mismo que nosotros. Ese cuestionamiento me generó la necesidad de aprender y decidí irme a estudiar

una maestría en diseño de equipo electrónico. Busqué varias opciones y encontré una en equipo electrónico y otra en control. Esta última no me convenció del todo, puesto que lo que yo sabía hacer era electrónica y no control, entonces opté por un posgrado en electrónica en Manchester.

Mi plan original era hacer sólo la maestría y regresar a trabajar como ingeniero o crear mi propia empresa. Sin embargo, cuando terminé la maestría me pareció muy corta, me quedaron ganas de seguir estudiando. Además, me había ido con beca de la UNAM y en realidad ellos lo que buscaban era que terminara el doctorado, y eso es lo que hice en el Colegio Imperial de Londres, donde desarrollé una nueva versión de un robot para cirugía de próstata. Ahí, mi principal contribución fue desarrollar un software para anotar automáticamente las características de la próstata en imágenes de ultrasonido. En el sistema original lo tenía que hacer el médico a mano. En la versión que hice, la computadora lo podía hacer sola.

La experiencia fue muy buena, me gustó, y cuando regresé a México, en 1997, había plazas vacantes de investigador en la UNAM. Así ocurrió que a la semana de mi regreso comenzó mi contrato de investigador en la UNAM, en la categoría de Asociado C. Eso me hizo seguir con las investigaciones que venía haciendo, aunque sabía que, además, había que publicar artículos. El trabajo con robots es muy complicado por la fabricación, demanda mucho tiempo y me di cuenta de que es muy difícil publicar artículos y hacer aparatos al mismo tiempo. Fue ahí que me enfoqué en el desarrollo de software, en el procesamiento de imágenes.

Se producen más artículos haciendo software que desarrollando aparatos, tardan mucho y es un solo artículo; con el software vas más rápido y puedes, en un par de años, hacer algo realmente bueno y, derivado de ello, publicar artículos. Ese fue el comienzo de mi carrera académica, que implicó seguir publicando los resultados de mis trabajos, impartir clases, asistir a congresos y colaborar con los colegas en México.

Algo que comencé a hacer muy pronto, desde hace más de 20 años, fue participar en la organización de un simposio de imágenes médicas y computación, el MEXCAS, que, en principio, mantuvimos casi como una reunión de amigos. Somos cuatro organizadores permanentes y cada año la institución sede publica una convocatoria muy sencilla, e invitamos a los colegas a que envíen sus trabajos y nos reunimos a comentarlos.

Ha funcionado muy bien, no hemos logrado convertirlo en congreso porque no tenemos memorias. Con la pandemia lo suspendimos hasta este año (2023) que organizaremos una reunión en Veracruz, por primera vez fuera de la CDMX, auspiciados por la Universidad Veracruzana. El MEXCAS ha sido muy fructífero, pues ha promovido relaciones entre investigadores mexicanos y extranjeros. Ésta es, pues, una breve explicación de cómo terminé haciendo investigación en imágenes médicas.

Hacer imágenes médicas implica un trabajo interdisciplinario con médicos, radiólogos, ingenieros, etcétera, además de que requiere conseguir la entrada a los hospitales y el acceso a los estudios de los pacientes. ¿Cómo se consigue el material, la entrada y la inserción en estos grupos de trabajo?

Fue un proceso que comenzó tocando puertas. Cuando regresé a México, luego de terminar el doctorado, tenía experiencia en ultrasonido de la próstata, entonces comencé a buscar urólogos a través de conocidos. Los visitaba en su consultorio y les presentaba nuestros resultados en imágenes médicas y con el tiempo un simulador de cirugía de próstata, que fue difundido por la *Gaceta* de la UNAM, lo que le dio cierta visibilidad. Esto sirvió para que alguno que otro médico interesado me contactara, el aparato era como el demo de nuestro laboratorio.

Con los años uno va conociendo a otros médicos, asunto al que sin duda contribuyó el MEXCAS, donde encontré a un ortopedista del que me hice amigo e incluso, actualmente, somos coorganizadores de la reunión. Con él comenzamos a definir un par de proyectos de mayor calado que nos dieron visibilidad como laboratorio de análisis de imágenes médicas, analizando ultrasonidos y rayos X de huesos. El laboratorio amplió nuestras colaboraciones y nos permitió crecer como grupo. Ahora, por ejemplo, trabajamos desde hace más de diez años con el Instituto de Perinatología, ellos nos buscaron, nos habló uno de los médicos adscritos al grupo en Perinatología y nos propusieron un proyecto en ultrasonido fetal.

Hay que hacer de todo para adquirir visibilidad. Ayudan también las publicaciones que nos traen contactos para integrar grupos, el problema es que éstos funcionen, y para ello he encontrado que se deben hacer al menos dos cosas: la primera, trascender las disputas que usualmente suelen darse por crédito y dinero; la segunda es pensar en desarrollos valiosos e interesantes, lo que se logra cuando el grupo comparte una visión común sobre el futuro del proyecto, más allá de los beneficios personales.

¿Qué reto encuentra en patentar y para qué sirve?

Mi experiencia es muy limitada, sólo he participado en un desarrollo patentado a iniciativa de la líder del proyecto, quien incluyó a todos los integrantes del equipo. Fue un sistema de análisis de imágenes de agua contaminada con microrganismos que permite detectarlos y contarlos automáticamente, a partir de muestras de agua. Mi impresión, con esa limitada experiencia, es que las patentes internacionales son muy costosas y difíciles de mantener; mientras que las nacionales son bastante más fáciles de lograr, pero yo creo que la protección es limitada.

Si uno tiene un invento realmente bueno, y sólo lo patenta en México, en cuanto una compañía grande lo vea, lo va a copiar y punto, sin mayor problema. Por otro lado, si tienes una patente internacional es bien difícil defenderla porque es muy costoso, hay que pagar el precio de la patente y, en caso de litigio, contratar bufetes de abogados internacionales.

¿Cómo ha nutrido su labor científica para la aplicación de los conocimientos nuevos?

Comenzaré refiriendo las interacciones. Por ejemplo, la que tengo con los médicos me permite pensar en nuevos proyectos aplicados. Justo en nuestra reunión de hoy, después de una hora, encontramos al menos cuatro nuevos proyectos, claramente unos más viables que otros. El trabajo con los médicos me permite resolver sus problemas aportando nuevos sistemas de aplicación clínica basados en desarrollo de software avanzado.

En el área de métodos avanzados para el análisis de imágenes he trabajado, desde hace años, en una técnica particular para detectar las formas de los órganos y, a lo largo del tiempo, esto ha aportado a la construcción y desarrollo de métodos para modelar y detectar formas. Entonces, digamos que yo por ahí investigo, invento cosas y a partir de la interacción con los médicos identificamos nuevos sistemas, nuevas aplicaciones que requieren del desarrollo de software avanzado y, si es suficientemente avanzado, se puede publicar, de no trabajar en esta línea tendría problemas en mi carrera de investigador. Tengo que mantener un equilibrio entre la solución de problemas y las publicaciones, lo que se resuelve aportando soluciones más complejas de las que podría ofrecer un buen profesionista.

¿Qué le ha dado la UNAM al doctor Arámbula y usted qué le ha dado a ésta?

La UNAM me ha dado muy buenas condiciones laborales por muchos años. El ser investigador es una carrera de largo plazo, bien pagada, y las condiciones siempre son buenas. Cuentas con la flexibilidad de plantear los proyectos que encuentras más interesantes dentro de tu línea de investigación, siempre y cuando obtengas resultados en publicaciones, docencia y difusión. En la UNAM hay muy buenas condiciones para hacer investigación, claro, con las limitaciones del país, aunque el desarrollo de software no requiere de equipos ni de reactivos costosos. También tenemos libertad de organización para emprender proyectos y seminarios.

En cuanto a lo que yo le he dado a la UNAM, puedo decir que he tratado de cumplir con mis obligaciones de aprovechar esa libertad para hacer reuniones, impartir conferencias fuera de la ciudad y del país y organizar proyectos. He estado trabajando activamente colaborando con otros colegas en el área de investigación, y en el desarrollo de aplicaciones que sí lleguen a los pacientes, lo que para mí es muy importante. Creo que esto último viene de mi formación como ingeniero, pues con ella se quedó la preocupación de diseñar desarrollos que funcionen y sean usados, hacer que sirvan. Para mí, la prueba definitiva de que un desarrollo funciona es que sea usado.

También he participado en labores institucionales, como la coordinación de un subcomité del posgrado en ingeniería, que era bastante grande. Ese subcomité llevaba los asuntos académicos, era como un miniposgrado. Nos reuníamos cada semana para ver todos los trámites de alumnos y de profesores, un trabajo extra a mis labores de investigación, docencia y difusión que duró cinco años y por el que no recibía compensación económica alguna, pero era mi manera de compensar lo que recibo de la UNAM.

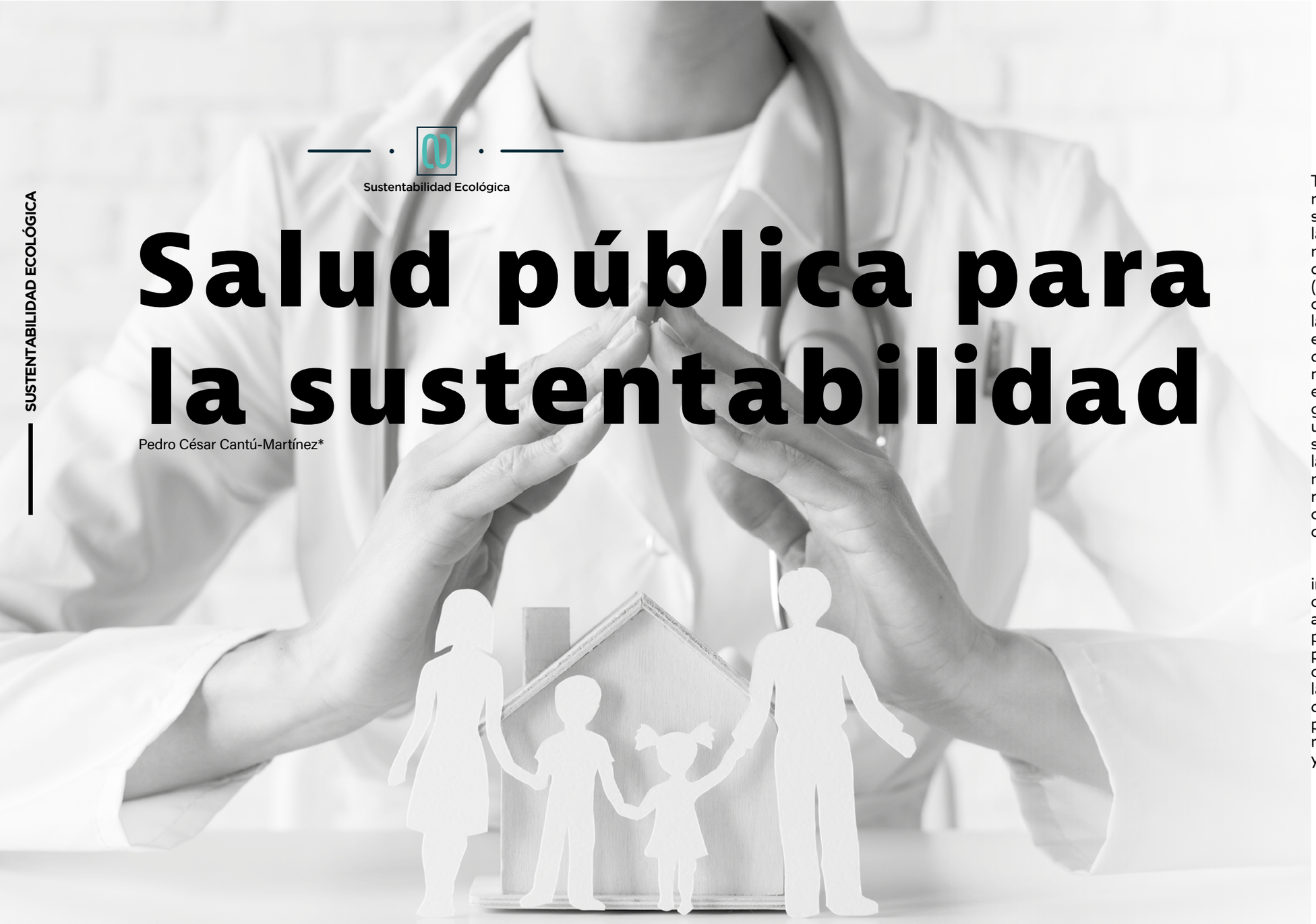
Estar en la UNAM es un privilegio que debes retribuir y aceptar que uno debe cumplir con *tequios* para que la institución funcione.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Sustentabilidad Ecológica

Salud pública para la sustentabilidad

Pedro César Cantú-Martínez*



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

Tras la reunión que llevaron a cabo las Naciones Unidas en Río de Janeiro, Brasil, en 2012 sobre desarrollo sustentable, se asentó que la salud es el resultado de las tres dimensiones que integran el concepto de sustentabilidad: las esferas social, económica y ambiental (Cantú-Martínez, 2015). En este tenor, distintas organizaciones internacionales han impulsado la perspectiva de carácter sanitario para lograr el bienestar físico, mental y social y la reducción de los riesgos médicos, condiciones que se demandan para alcanzar la sustentabilidad. Con esto se reconoce universalmente que los progresos existentes en esta materia contribuyen a una relación propicia del ambiente y el desarrollo sustentable. No obstante, ha sido evidente que las asimetrías existentes provienen sustancialmente de las eventualidades observadas en esta relación entre el ser humano y el ambiente, las cuales atentan contra el establecimiento de un desarrollo sustentable (Cantú-Martínez, 2012).

Sin embargo, se tiene muy claro, en el ámbito internacional, que para aspirar a la consolidación del desarrollo sustentable (social, económico y ambiental), se requiere la adopción de políticas, planes de desarrollo y programas sectoriales para aumentar las capacidades de las sociedades que orienten el tipo de procesos para modificar las condiciones actuales, para hacer confluir el desarrollo económico, social y ambiental a propósitos comunes que contribuyan al establecimiento del desarrollo sustentable. Entre las mayores contribuciones se encuentra:

> que la reducción de los riesgos ambientales en el aire y el agua, y los generados por los productos químicos, pueden prevenir hasta un cuarto de la carga mundial de morbilidad general y que las políticas de promoción de las energías más limpias podrían reducir a la mitad el número de defunciones en la niñez causadas por neumonías y disminuir sustancialmente el número de personas que sufren neumopatías crónicas (Organización Panamericana de la Salud, 2013:VIII).

En el escenario internacional han surgido cuestionamientos que deberán responderse mediante las acciones implementadas en esta área para aproximarnos al desarrollo sustentable, entre éstos contamos con las siguientes: ¿el control de las enfermedades crónicas no trasmisibles contribuye al afincamiento del desarrollo sustentable?, ¿la sustentabilidad fortalecerá y fomentará la salud de las personas?, ¿las nuevas directrices en la materia favorecen la sustentabilidad? Éstas y otras preguntas surgen de una duda general: cómo este sector contribuirá a la construcción de la sustentabilidad y a los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), particularmente para trascender del discurso al ejercicio práctico y así concretar el desarrollo sustentable de manera universal (Cantú-Martínez, 2016).

Por lo antes mencionado en este manuscrito se transitará por el papel, la inversión para el porvenir y sobre cuáles son los desafíos en salud pública en materia de sustentabilidad, para terminar con algunas consideraciones finales.

EL PAPEL DE LA SALUD EN LA SUSTENTABILIDAD

Dado que todas las personas tienen derecho a acceder a la salud y el bienestar, el ODS 3 de la Agenda 2030 (denominado Salud y Bienestar) tiene como objetivo sancionar que todos, independientemente de su nivel de ingresos, tengan acceso a la mejor atención médica posible (ONU, 2015). La ONU advierte que las disparidades en el acceso a la atención hospitalaria continúan, a pesar de que ha habido un progreso significativo en los últimos años en la mejora y el bienestar de las personas. Además, la pandemia mundial de coronavirus y el avance de este ODS se ven actualmente más dificultados por estas desigualdades.

Por lo tanto, las organizaciones internacionales han llamado la atención sobre cómo la salud depende de la capacidad de las personas para acceder a agua limpia, sistemas de tratamiento de aguas residuales, un medio ambiente libre de contaminación, sistemas de control de enfermedades y epidemias, y servicios de saneamiento ambiental (Cantú-Martínez, 2010). Por el contrario, los problemas en esta área se ven exacerbados por la pobreza, la ausencia de educación y capacitación, los desastres naturales o provocados por el ser humano y la urbanización excesiva.

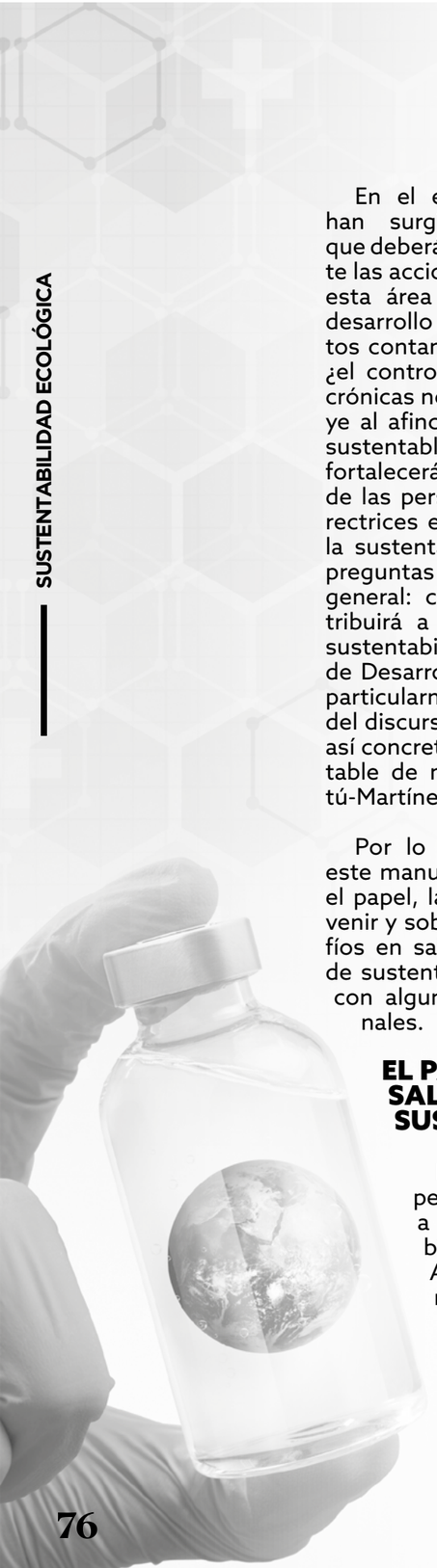
Desde 2020, el mundo afronta una crisis sanitaria internacional sin antecedentes, la COVID-19, que al mismo tiempo que afectó la vida de millones de personas, ha desestabilizado economías e impactado negativamente en el progreso y desarrollo global. En su documento final, "El futuro que queremos", la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, conocida como Río+20, afirmó que la salud es un requisito previo, un resultado y un indicador de las tres dimensiones de la sustentabilidad: social, ambiental y económica (ONU, 2015). También enfatiza que los ODS sólo pueden lograrse entre quienes logran el bienestar físico, mental y social. Además, entidades internacionales como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y la Organización Panamericana de la Salud han expresado la trascendencia de controlar la curva de contagios por COVID-19 y otras enfermedades para reactivar las economías nacionales. Wolf (1967:289) ya lo mencionaba hace bastante tiempo, al comentar: "La falta de salud afecta directamente la fuerza de trabajo y tiene profundas repercusiones en la economía, ocasionando la pérdida de trabajadores y unidades económicas".

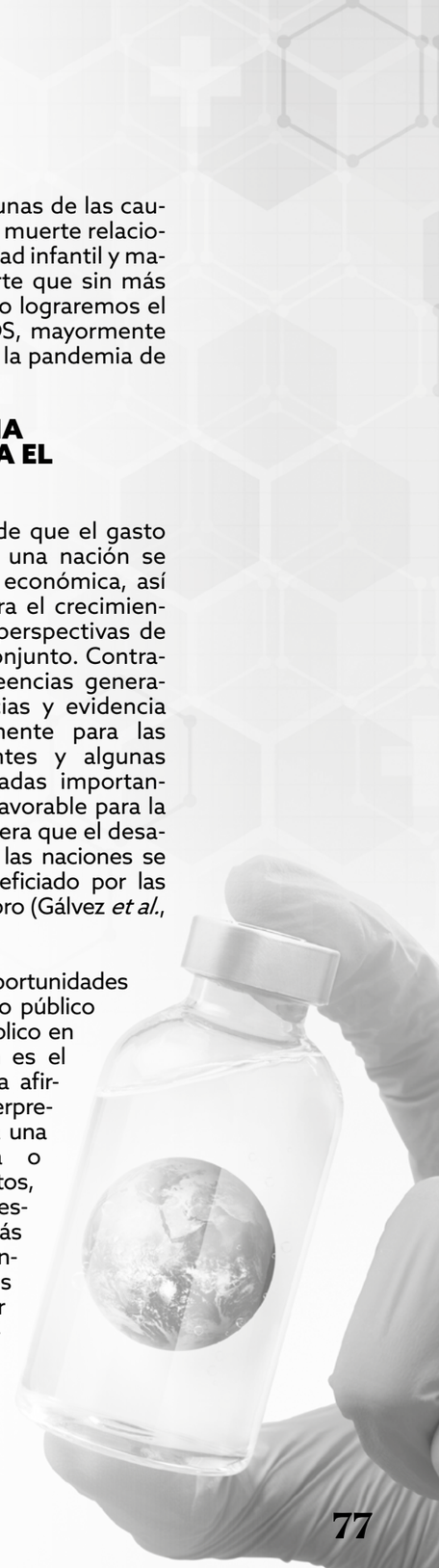
Por esta razón, la salud y el bienestar son puntales irrefutables e innegociables de los ODS. La primera es fundamental para crear sociedades prósperas, garantizar una vida vigorosa y promover la bienandanza de todas las personas en todas las edades. Con esto podemos afirmar que es esencial para la reactivación, la competitividad y el avance de las economías de todas las naciones. Aunque se han logrado avances significativos en las últimas décadas para aumentar la esperanza de vida y reducir algunas de las causas más comunes de muerte relacionadas con la mortalidad infantil y materna, la ONU advierte que sin más avances y cambios no lograremos el objetivo 3 de los ODS, mayormente por la experiencia de la pandemia de COVID-19.

LA SALUD ES UNA INVERSIÓN PARA EL FUTURO

Somos conscientes de que el gasto en salud pública de una nación se considera una carga económica, así como una deuda para el crecimiento económico y las perspectivas de la economía en su conjunto. Contrariamente a estas creencias generalizadas, hay tendencias y evidencia creciente, especialmente para las economías emergentes y algunas economías desarrolladas importantes, de que esto es favorable para la sociedad. De tal manera que el desarrollo económico de las naciones se ve directamente beneficiado por las inversiones en ese rubro (Gálvez *et al.*, 2018).

La igualdad de oportunidades es creada por el gasto público en salud. El gasto público en ésta y en educación es el gran igualador, y esta afirmación no debe interpretarse como si tuviera una connotación política o ideológica (Dos Santos, 2020). Esto permite establecer una base más sólida y una compensación mutua de los elementos para lograr sus objetivos económicos y competitivos, especialmente para las economías





emergentes donde el acceso a los servicios básicos de salubridad es frecuentemente limitado.

La productividad es resultado del gasto público, las poblaciones con buena salud son más productivas, quizá el aspecto más estudiado y documentado de todo el debate que la vincula con la economía (Cantú-Martínez, 2010). La competitividad se ve beneficiada por inversiones críticas en el rubro porque fortalecerían internamente a las naciones emergentes y las posicionarían mejor para competir internacionalmente a medida que desarrollan sistemas sanitarios competitivos.

Para hacer esto es esencial que elevemos el nivel de atención de una manera que fomente la prosperidad de la profesión biomédica. Cuando los países decidan que la innovación es más valiosa, emergerán más negocios paralelos al sector, proveedores, empresas de servicios y desarrolladores de centros médicos y hospitalarios de clase mundial (Terán *et al.*, 2017). Las sociedades del mundo deben trabajar para promover la economía de la salud adecuada para el siglo XXI. Todos los líderes gubernamentales deben verla como una inversión en lugar de un costo debido a factores económicos y demográficos globales. De esta forma, comenzarían a verlo como un campo que requiere ser respaldado por los beneficios sociales vitales que el público espera.

Particularmente, no es de extrañar que en los próximos años los fondos de inversión en salubridad se beneficien de las tendencias y patrones de la población, incluidos los efectos de la pandemia de coronavirus, las preocupaciones generales sobre el envejecimiento o el inesperado y fascinante aumento de la esperanza de vida, conjuntamente con el aumento de más y mejores servicios médicos y de proporcionar acceso universal a los mismos. Hoy por hoy, después de la COVID19, ninguna persona en el mundo sería capaz de elevar la voz para arropar los recortes económicos sanitarios (Blackman *et al.*, 2020).

El desarrollo económico, el aumento de la competitividad y la atención a los determinantes sociales de la salud se ven impulsados por la financiación de la investigación en medicina. Para que la investigación en ésta siga creciendo, la voluntad política y la inversión son sumamente esenciales (Organización Panamericana de la Salud, 2023). En ese tenor, los sectores que se verán beneficiados son: servicios sanitarios, farmacéuticos, tecnología médica y biotecnología. La investigación y la innovación deben ser lo primero. En los últimos años ha quedado claro que hay que actuar en este sentido, y más concretamente en relación con las enfermedades infecciosas y crónicodegenerativas.

RETOS DE LA SALUD PÚBLICA PARA LA SUSTENTABILIDAD

El campo de estudio conocido como salud pública se centra en la sanidad y la enfermedad a nivel de la población. A través de los programas de promoción y protección de ésta y la prevención de enfermedades. El objetivo es proteger a la población, promover estilos de vida saludables y mejorar el estado físico y el bienestar de la población (Franco-Giraldo, 2019). Además, se ponen a disposición los conocimientos, la instrucción y las habilidades necesarias para mejorar la eficiencia y la prestación de los servicios hospitalarios.

A través de la investigación y la aplicación de las ciencias sociales y demográficas a los problemas médicos que afectan a los individuos y las poblaciones, es que la salud pública capitaliza y anexa el conocimiento de las condiciones médicas y de enfermedad. En otros términos, es la respuesta organizada de una sociedad para promover, mantener y salvaguardar la población en general, así como para prevenir enfermedades, lesiones y discapacidades (Montenegro-Martínez, 2019). De acuerdo con la información y los recursos disponibles, el objetivo principal es alcanzar los más altos niveles de bienestar físico, mental y social.

En consecuencia, fomenta el saneamiento ambiental, previene y controla infecciones, educa en la higiene personal de las personas, coordina los servicios hospitalarios y de enfermería para la prevención y el diagnóstico precoz de las enfermedades, principalmente para la creación de una estructura social que garantice a todos un nivel de vida suficiente para el sostenimiento de la salud (Cantú-Martínez, 2010). Dispone estos beneficios para que todo ciudadano pueda ejercer su derecho inalienable a la buena salud y a una larga vida.

La primera dificultad que se tiene que resolver es la propagación del bienestar. Dado que reducir las disparidades en este tema entre las naciones es uno de sus principales objetivos en el siglo XXI (Cardona-Arias, 2016). Esto implica un mayor gasto y una distribución más equitativa de los recursos en todo el mundo. Independientemente de su condición o lugar de origen, es importante asegurarse de que todas las personas tengan acceso a una atención médica adecuada.

En segundo término, es mejorar el estado físico en general durante todo el ciclo vital, ya que la naturaleza de los servicios médicos de hoy se inclina más hacia la cura que hacia la prevención (Franco-Giraldo, 2016). Por eso es importante apoyar amplias campañas de prevención que la enfaticen a lo largo de toda la vida.

Para promover un envejecimiento más saludable y prevenir la dependencia, estas campañas deben dirigirse tanto a las personas mayores como a los niños, ya que los malos indicadores en la infancia pueden convertirse en factores de riesgo en la edad adulta.

En tercer lugar, tenemos la prevención de enfermedades infecciosas. La pandemia de COVID-19 más reciente ha expuesto fallas en la forma en que se tratan las enfermedades altamente contagiosas (Palacios *et al.*, 2021). Los servicios de salud deben prepararse para este desafío porque las zoonosis se volverán más prevalentes como resultado del cambio climático. Para controlar de manera efectiva o incluso erradicar estas enfermedades, es imperativo incorporar estrategias de prevención y promoción en la atención al paciente.

Como cuarto desafío se debe contar con servicios que fomenten un mejor estado mental. Este rubro dentro del marco de las iniciativas es primordial (Etienne, 2018). Ya que la prevalencia de la ansiedad, la depresión y la adicción ha aumentado drásticamente, afectando negativamente la calidad de vida de quienes las experimentan y rodean a estas personas, además se le ha clasificado como una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial (López, 2005). Por ello, integrar programas de prevención y tratamiento de los trastornos psicológicos y sociales es uno de los retos transcendentales.

Por lo tanto, la enfermedad (y la insustentabilidad) tiene que ver con la incapacidad para resolver estos conflictos de carácter físico, mental y social, que son los que atiende la salud pública.

CONSIDERACIONES FINALES

A medida que la COVID-19 se propagó, se mostró el sufrimiento humano, la perturbación de la economía mundial y la alteración significativa de la vida de miles de millones de personas en todo el mundo; de esta forma queda evidenciado que el mundo atravesó y cruza actualmente por una crisis de salud global sin precedentes. En la que el bienestar de millones de personas (que había mejorado) tuvo un retroceso durante y tras la pandemia.

Sin embargo, los logros sobresalientes fueron posibles específicamente al extender la esperanza de vida y disminuir algunas de las causas predominantes de mortalidad infantil y materna. Además de anular por completo una amplia gama de enfermedades y hacer frente a una multitud de problemas nuevos y en curso. Es así que la sanidad de las personas es vital para custodiar y mejorar las economías de los países, irguiendo una fuerza de trabajo sana y que favorezca que los niños y niñas puedan utilizar competentemente sus capacidades y aptitudes adquiridas mediante la educación en el cometido de sus futuras funciones sociales.

Por lo tanto, la "salud conforma la infraestructura social necesaria para el desarrollo y genera una relación expresada en mejoramiento y aumento de la productividad económica, y ambos incrementan el acervo del capital humano", como lo aseveran Gil, Martínez y Buchelli (2013:34). No obstante, ahora se necesita más empeño (tan sólo hay recordar la pandemia de COVID-19) para alcanzar avances más significativos y salvar las vidas de millones de personas, pero para esto es necesario contar con una financiación más eficaz de los sistemas médicos, mejores condiciones de saneamiento e higiene, y un mayor acceso a los profesionales en medicina, para alcanzar el tan anhelado desarrollo sustentable.

REFERENCIAS

Blackman, A., Ibáñez, A.M., Izquierdo, A., *et al.* (2020). *La política pública frente al COVID-19: recomendaciones para América Latina y el Caribe.* Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

Cantú-Martínez, P.C. (2010). *El cometido de la salud pública.* México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Cantú-Martínez, P.C. (2012). Medio ambiente y salud: un enfoque ecosistémico. *Ciencia UANL.* 15(57):26-32.

Cantú-Martínez, P.C. (2015). *Desarrollo sustentable. Antes y después de Río +20.* México: Universidad Autónoma de Nuevo León/Organización Panamericana de la Salud.

Cantú-Martínez, P.C. (2016). Los nuevos desafíos del desarrollo sustentable hacia 2030. *Ciencia UANL.* 19(78):27-32.

Cardona-Arias, J.A. (2016). Determinantes y determinación social de la salud como confluencia de la salud pública, la epidemiología y la clínica. *Arch. Med.* (Manizales). 16(1):183-191.

Dos Santos, I.L. (2020). Igualdad, equidad y justicia en la salud a la luz de la bioética. *Revista Bioética.* 28(2):229-238.

Etienne, C.F. (2018). Mental health as a component of universal. Rev. Panam. Salud Pública. 42:e140. https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.140

Franco-Giraldo, Á. (2016). Salud global: una visión latinoamericana. *Rev. Panam. Salud Pública.* 39(2):128-136.

Franco-Giraldo, Á. (2019). La salud pública en discusión. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 37(1):15-28.

Gálvez, A.M., González, R., Álvarez, M., *et al.* (2018). Consideraciones económicas sobre la salud pública cubana y su relación con la salud universal. Rev. Panam. Salud Pública. 42:e28. https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.28

Gil, A., Martínez, H., y Buchelli, G. (2013). Economía de la salud: avances en las relaciones entre economía y salud. *Revista Páginas de la UCP.* 93:31-48.

López, E.A. (2005). Hacia una nueva salud pública en Latinoamérica. *Aten. Primaria.* 36(6):336-338.

Montenegro-Martínez, G. (2019). Los propósitos de la educación en salud pública. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.* 37(2):67-74.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible.* Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Salud, ambiente y desarrollo sostenible: hacia el futuro que queremos.* Washington, D.C.: OPS.

Organización Panamericana de la Salud. (2023). *¿Por qué invertir en investigación para la salud?* Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content=&view=article=&id=2406=&Itemid=1=&lang=es#gsc.tab=0

Palacios, M., Santos, E., Velázquez, M.A., *et al.* (2021). COVID-19, una emergencia de salud pública mundial. *Revista Clínica Española.* 221(1):55-61.

Terán, G.J., Mora, E.J., Gutiérrez, M. del R., *et al.* (2017). Gestión de la innovación en los servicios de salud pública. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas.* 36(3):1-10.

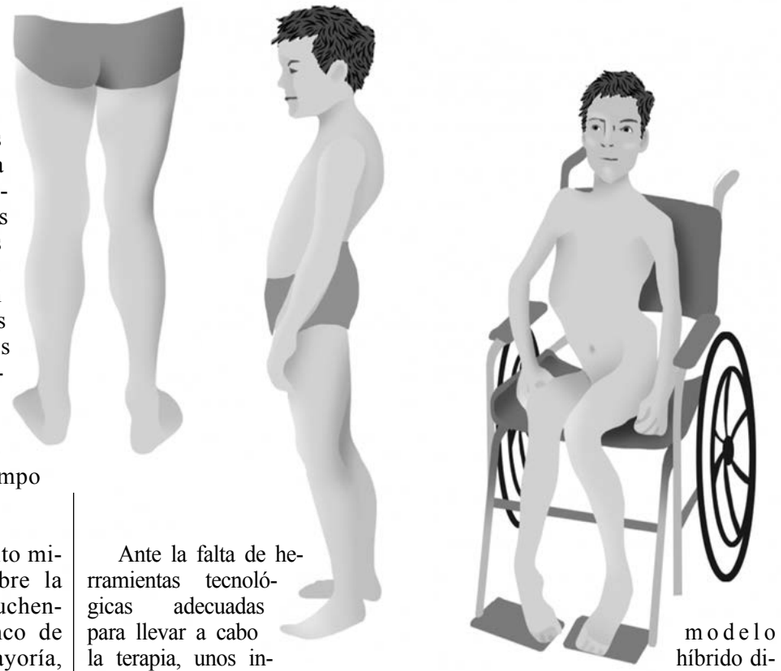
Wolf, A.C. (1967). La salud internacional como factor del desarrollo económico internacional. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana.* Abril, 289-294.

Descarga aquí nuestra versión digital.

De robots, neuronas y energía

LUIS ENRIQUE GÓMEZ VANEGAS*

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



Hace muchos años, en los dibujos animados, veíamos a algunos personajes enfundarse en trajes metálicos con forma de robot, en ese entonces creíamos tan lejano el día en que esa tecnología fuera realidad, pues bien, los exoesqueletos militares han dejado de ser una fantasía para convertirse en una realidad cada vez más tangible. Estos increíbles avances tecnológicos están transformando la forma en que los soldados enfrentan los desafíos físicos y operativos en el campo de batalla.

Pero no sólo en el ámbito militar, déjame contarte sobre la distrofia muscular de Duchenne, que afecta a casi cinco de cada 100,000, en su mayoría, niños varones, al ser una enfermedad ligada al cromosoma X. Esta afección se caracteriza por causar debilidad y fatiga muscular, falta de estabilidad al caminar, complicaciones cardíacas y respiratorias, especialmente en edades adultas. Lo que conduce al confinamiento de los infantes a sillas de ruedas desde edades muy tempranas. Al ser considerada una enfermedad sin cura, los esfuerzos se enfocan en preservar la autonomía del paciente el mayor tiempo posible. En este sentido, la terapia física es la mejor herramienta para ralentizar la distrofia muscular.

Ante la falta de herramientas tecnológicas adecuadas para llevar a cabo la terapia, unos investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y de la Universidad de San Buenaventura (USB), en Colombia, han ideado el diseño mecánico, electrónico y de sistemas de control de un exoesqueleto robótico que permitiría automatizar los procesos de terapia física de estos pacientes. Esta tecnología tiene el objetivo de servir de apoyo al personal médico a la hora de ejecutar procesos de terapia con menor fatiga física, mayor repetibilidad y con una mejor evaluación del progreso del paciente.

Para el diseño de la ingeniería de este ingenio y el estudio de su rendimiento, los expertos han utilizado un modelo híbrido dinámico-matemático del mismo y el cuerpo de un niño según la antropometría de una población de niños de seis años. Las simulaciones numéricas han validado el rendimiento y la robustez del sistema. Futuras investigaciones se enfocarán en la evaluación clínica del exosqueleto, lo cual dará evidencias del impacto positivo que puede tener el uso de esta tecnología sobre la calidad de vida de los niños con distrofia muscular de Duchenne.

Los especialistas exponen los detalles técnicos en la revista académica *Applied Sciences*, bajo el título “Mechatronics Design of a Gait-Assistance Exoskeleton for Therapy of Children with Duchenne Muscular Dystrophy” (Fuente: UPM).

Y ya que hablamos de parecidos a robots, déjame contarte sobre el pangolín, un animal llamativo, que parece una piña de pino andante, el único mamífero completamente cubierto de escamas duras. Éstas están hechas de queratina, igual que nuestro pelo y nuestras uñas. Las escamas se superponen y están directamente conectadas a la capa de piel blanda subyacente. Esta disposición especial les permite hacerse un ovillo en caso de peligro, protegiendo así sus partes blandas y dejando al descubierto sólo las partes duras.

Basados en estas características, un equipo del Instituto Max Planck de Sistemas Inteligentes en Alemania, ha diseñado un robot metálico pero flexible. Los diseñadores, quienes exponen los detalles técnicos de su robot en *Nature Communications*, bajo el título “Pangolin-inspired untethered magnetic robot for on-demand biomedical heating applications”, tomaron al animal como modelo y desarrollaron un robot flexible hecho de componentes blandos y duros que, al igual que el pangolín, se convierte en una esfera en un abrir y cerrar de ojos, con la característica adicional que puede emitir calor cuando sea necesario.

El nuevo robot no mide más de dos centímetros y consta de dos capas: una blanda, hecha de un polímero tachonado de pequeñas partículas magnéticas, y otra dura, de componentes metálicos dispuestos en capas superpuestas. Así, aunque está hecho de piezas metálicas sólidas, sigue siendo flexible y lo bastante blando para su uso dentro del cuerpo humano.

Cuando se expone a un campo magnético de baja frecuencia, el usuario puede enrollarlo y moverlo en más de una dirección. Las piezas metálicas sobresalen como las escamas del animal, sin dañar ningún tejido circundante. Una vez enrollado, puede transportar pequeñas cargas, por ejemplo, dosis de medicamentos. La idea es que un robot de esta clase pueda viajar algún día por dentro del aparato digestivo humano y realizar tratamientos médicos en puntos específicos.

No depender de cables o tubitos desplegados desde el exterior, poder moverse intracorporalmente, estar hecho de piezas duras y ser capaz de emitir calor, sitúan a este robot en un puesto privilegiado dentro de la robótica médica (fuente: NCYT).

Otro modelo que también está llamando la atención es el robot modular Mori3, conformado a base de módulos triangulares, y capaz de adoptar muchas formas distintas mediante un proceso de reconfiguración que recuerda al de la papiroflexia u origami. Además, puede desplazarse e interactuar con objetos y hasta con personas. Con el cambio de forma, también puede cambiar de tamaño y de función.

Mori3 es obra de un equipo de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, en Suiza. Sus módulos individuales se unen fácilmente

entre ellos para crear polígonos de diferentes tamaños y formas. Debido a su naturaleza modular, dos o más ejemplares pueden acoplarse para transformarse en un único robot, o viceversa. También se comunican entre ellos y se encargan de ejecutar todos los procesos de acoplamiento.

Esta línea de investigación y desarrollo en robótica resulta muy prometedora para campos como el de la astronáutica. Un robot generalista como éste será menos eficaz que los robots especializados en desempeñar determinadas labores. Pero la gran ventaja de Mori3 es su versatilidad, pues fue diseñado en parte para ser utilizado en naves espaciales, que no disponen de espacio para almacenar diferentes robots para cada tarea individual que haya que llevar a cabo.

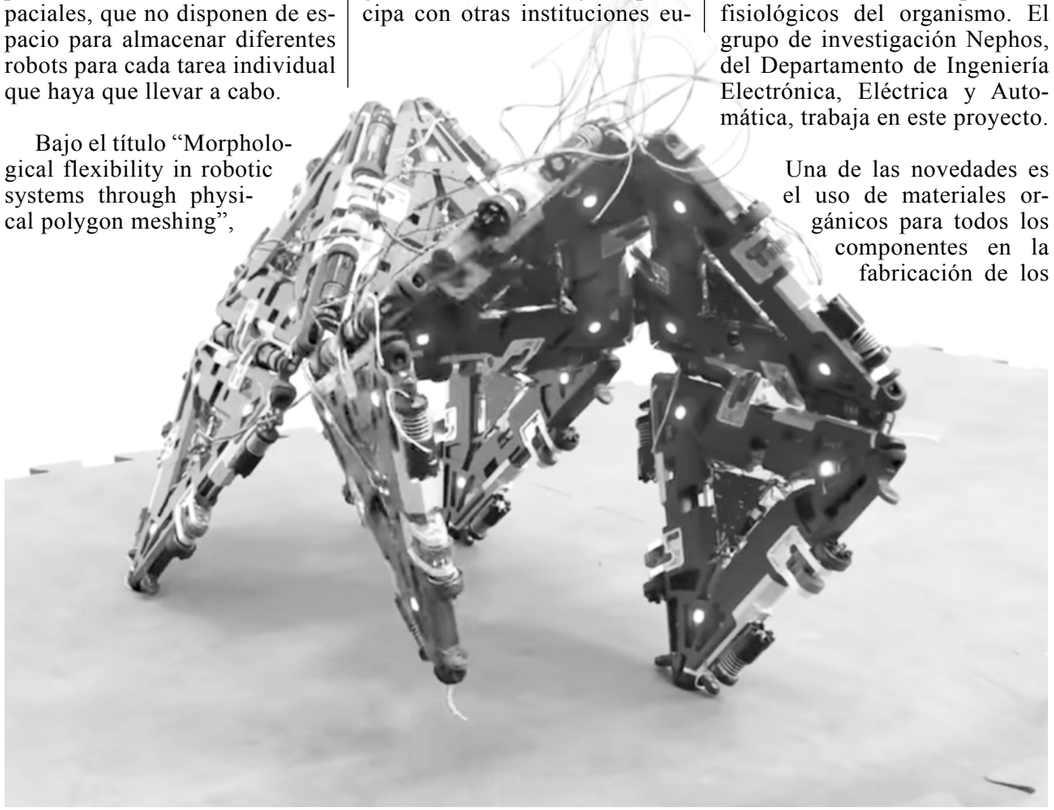
Bajo el título "Morphological flexibility in robotic systems through physical polygon meshing", en la revista *Nature Machine Intelligence*, se exponen los detalles técnicos logrados con este innovador modelo de robot (fuente: Amazings).

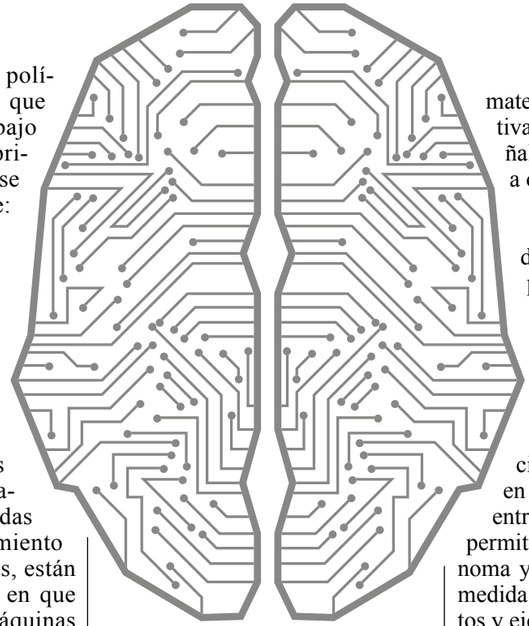
Ahora que estamos hablando de aparatos "imitadores", quiero platicarte sobre un proyecto pionero que desarrollará sensores con material orgánico que imitan el funcionamiento del cerebro. Los dispositivos, que se adaptan a la piel, permitirán detectar y analizar señales que emite el cuerpo humano y que aportan información sobre diferentes procesos biológicos.

La Universidad Rovira i Virgili (URV) de Tarragona participa con otras instituciones europeas en este proyecto pionero de computación neuromórfica, un campo de la informática y la neurociencia que se enfoca en el desarrollo de sistemas inspirados en el funcionamiento del cerebro humano.

El objetivo es desarrollar sensores neuromórficos con tecnología orgánica, basada sobre todo en polímeros. Estos dispositivos pueden ser de mucha utilidad en el campo de la salud, puesto que permitirán analizar, mediante un circuito que imita el cerebro, los datos que llegan a través de bioseñales, que son señales emitidas por el cuerpo humano y que aportan información sobre diferentes procesos fisiológicos del organismo. El grupo de investigación Nephos, del Departamento de Ingeniería Electrónica, Eléctrica y Automática, trabaja en este proyecto.

Una de las novedades es el uso de materiales orgánicos para todos los componentes en la fabricación de los sensores, básicamente polímeros. Esto permitirá que los dispositivos sean de bajo coste, sostenibles, imprimibles, flexibles y que se adapten a la piel (fuente: URV).

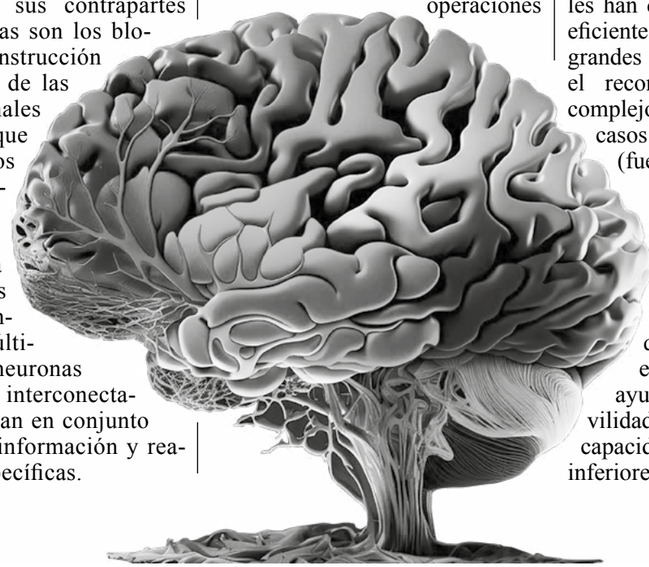




Pero no sólo en la computación neuromórfica se avanza en ese tema, también con inteligencia artificial se están creando neuronas electrónicas, también conocidas como neuronas artificiales. Estas innovadoras estructuras, diseñadas para replicar el funcionamiento de las neuronas biológicas, están revolucionando la forma en que interactuamos con las máquinas y podrían ser la clave para desarrollar una inteligencia artificial más sofisticada.

Estamos hablando de dispositivos electrónicos que semejan la funcionalidad de las neuronas biológicas del cerebro humano. Al igual que sus contrapartes biológicas, éstas son los bloques de construcción fundamentales de las redes neuronales artificiales, que son algoritmos de aprendizaje automático utilizados en inteligencia artificial. Estas redes se componen de múltiples capas de neuronas electrónicas interconectadas, que trabajan en conjunto para procesar información y realizar tareas específicas.

El funcionamiento de las neuronas electrónicas se basa en la transmisión de señales eléctricas y la comunicación entre ellas a través de conexiones sinápticas artificiales. Cada una recibe señales de entrada y las procesa mediante una combinación de operaciones matemáticas y funciones de activación. Luego emite una señal de salida que se transmite a otras neuronas en la red.



Una de las ventajas más destacadas es su capacidad para aprender y adaptarse. A través de algoritmos de aprendizaje automático, estas neuronas artificiales pueden ajustar sus conexiones sinápticas y fortalecer o debilitar su capacidad de transmitir señales en función de los patrones de entrada que reciben. Esto les permite aprender de forma autónoma y mejorar su rendimiento a medida que se exponen a más datos y ejemplos.

El desarrollo de neuronas electrónicas ha abierto nuevas posibilidades en campos como la robótica, el reconocimiento de voz, la visión por computadora y muchas otras aplicaciones de inteligencia artificial. Estas estructuras artificiales han demostrado ser altamente eficientes en el procesamiento de grandes cantidades de datos y en el reconocimiento de patrones complejos, superando en muchos casos las capacidades humanas (fuente: NCYT).

Comentamos ya sobre exoesqueletos e inteligencia artificial por separado, pero ahora vamos a juntarlos porque aunque los avances en robótica vestible han ayudado a recuperar la movilidad de las personas con discapacidades en las extremidades inferiores, los métodos actuales de

control son limitados en cuanto a su capacidad para proporcionar movimientos naturales e intuitivos, lo que puede comprometer el equilibrio y contribuir a la fatiga y la incomodidad del usuario. Pocos estudios se han centrado en el desarrollo de sistemas de control que puedan optimizar el servicio prestado al usuario en términos de seguridad e independencia.

Los exoesqueletos existentes para la rehabilitación de miembros inferiores emplean diversas tecnologías para ayudar al usuario a mantener el equilibrio, como muletas especiales y sensores. Los que funcionan sin estas ayudas permiten caminar de forma más independiente, pero a costa de aumentar el peso y reducir la velocidad de la marcha.

Unos investigadores han desarrollado un nuevo sistema para controlar exoesqueletos de extremidades inferiores utilizando una modalidad de inteligencia artificial denominada aprendizaje por refuerzo profundo. Éste permite un control de la marcha más eficaz y más natural para los usuarios, todo ello sin incrementar excesivamente el peso del traje.

Utilizando un modelo musculoesquelético acoplado a un exoesqueleto, simularon los movimientos de una extremidad inferior y entrenaron al sistema de control para conseguir patrones de marcha naturales, utilizando el aprendizaje por refuerzo profundo.

El equipo está probando ahora el sistema en condiciones reales y exponen los detalles técnicos en la revista académica *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, bajo el título "Robust walking control of a lower limb rehabilitation exoskeleton coupled with a musculoskeletal model via deep reinforcement learning" (fuente: Amazings).

En ese interés de mejorar la vida de aquellas personas que por una u otra razón han visto mermadas sus capacidades, unos científicos proponen un enfoque novedoso para el diseño de dispositivos que permitan a un usuario con deficiencia visual orientarse y seguir una ruta de forma eficaz, eficiente y segura.

Especialistas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), han desarrollado dispositivos que adaptan estímulos visuales a otro canal sensitivo (por ejemplo, convirtiendo imágenes en patrones sonoros), así como una plataforma de realidad mixta para la experimentación con nuevos sentidos artificiales (percepción del campo magnético, etcétera) y otras formas de interacción con el medio.

En definitiva, han creado nuevos formatos para codificar la información espacial del entorno en estímulos táctiles y auditivos, constituyendo una alternativa viable a otras soluciones invasivas (estimulación en la retina o en el córtex cerebral mediante implantes, etcétera). Estas interfaces humano-máquina facilitarían que los usuarios puedan percibir elementos distantes y orientarse, compensando la pérdida de visión.

El proyecto, titulado "Network QoS Impact on Spatial Perception through Sensory Substitution in Navigation Systems for Blind and Visually Impaired People", publicado en la revista *Sensors*, se enmarca en el ámbito de los sistemas de navegación para personas ciegas y con discapacidad visual, cuyo propósito es promover la autosuficiencia a la hora de desplazarse hasta un punto de destino en una ciudad, centro comercial u otro lugar. Con este fin, proveen al usuario de información útil para que conozca su entorno, se oriente, y pueda reaccionar ante cualquier

elemento potencialmente peligroso. Algunas de las soluciones más extendidas en el mercado utilizan sistemas de navegación por satélite, mapas y bases de datos de puntos de interés (restaurantes, comercios, etcétera). Otras, en cambio, optan por proporcionar medios para detectar e identificar obstáculos en el camino.

Sin embargo, en el contexto tecnológico actual, las redes de servidores y sensores urbanos permiten disponer de una mayor, y creciente, cantidad de información: mapas 3D de ciudades enteras, horarios de transporte público, posición de vehículos y transeúntes monitorizados en tiempo real… Llegados a este punto, el lenguaje hablado se revela como un nuevo cuello de botella, siendo necesario desarrollar formas más eficientes de proveer al usuario de toda la información recabada (fuente: UPM).

Pasando a otro tema, en medio de la creciente demanda de energía limpia y sostenible, los expertos en energía están explorando nuevas fronteras para aprovechar al máximo una de nuestras mayores fuentes: el Sol. Una idea innovadora ha surgido recientemente: aprovechar la luz solar en órbita terrestre para generar electricidad y enviarla de manera inalámbrica a la Tierra.

El concepto de capturar la luz solar en el espacio y transmitirla a la Tierra no es nuevo. Fue propuesto por primera vez en la década de 1960 por el científico Peter Glaser, quien acuñó el término "energía solar en el espacio" o "SPS" (por sus siglas en inglés). La idea básica es simple: colocar paneles solares gigantes en la órbita terrestre para capturar la energía del Sol de manera más eficiente, sin las limitaciones de la atmósfera y las condiciones climáticas.

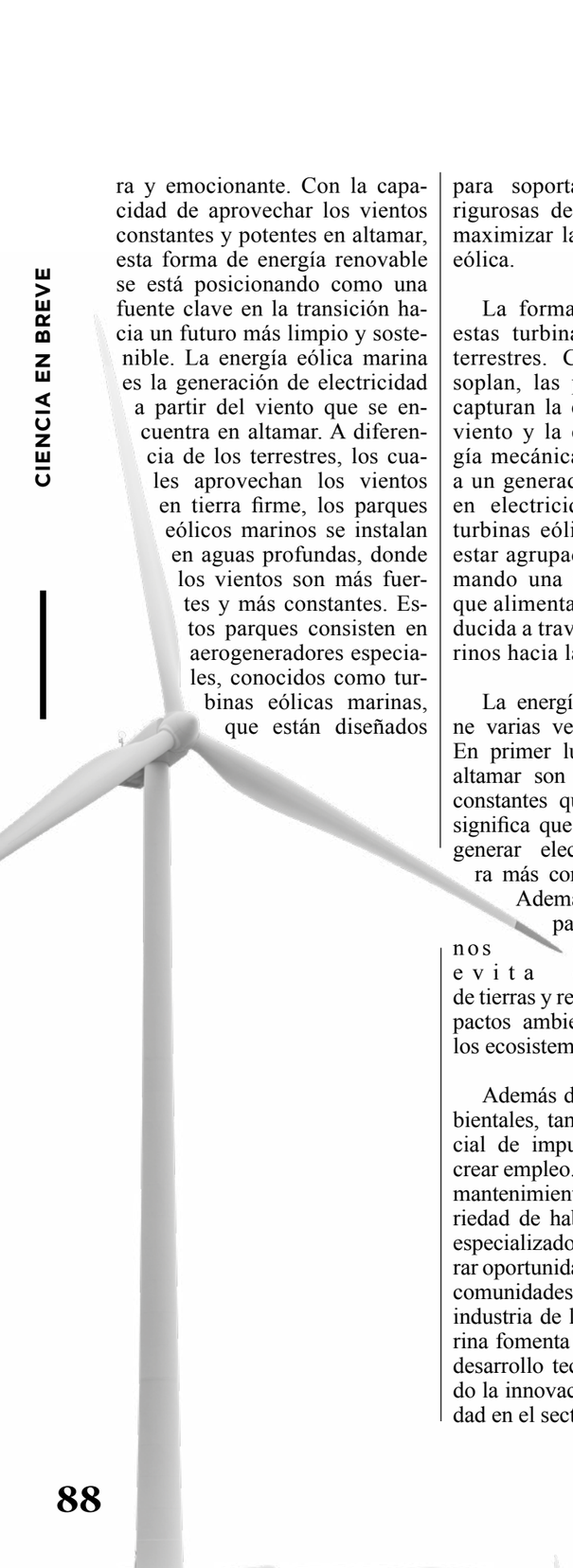
El principal desafío técnico radica en la transmisión de la energía generada en el espacio a la Tierra. Se han propuesto varias soluciones, pero la más prometedora es el uso de microondas o láseres para enviarla de manera inalámbrica. Estos haces de energía serían recibidos en estaciones terrestres equipadas con antenas receptoras especiales, donde se convertirían nuevamente en electricidad utilizable.

El potencial de esta tecnología es inmenso. Al aprovechar la luz solar en órbita, podríamos obtener una fuente prácticamente inagotable y limpia. Además, al eliminar la necesidad de paneles solares en la superficie terrestre, podríamos liberar grandes extensiones de tierra para otros usos, como la agricultura o la conservación de la naturaleza.

Sin embargo, hay desafíos considerables que deben superarse antes de que esta visión se convierta en una realidad práctica. Uno de los principales desafíos es el costo de lanzar y mantener los paneles solares en órbita. Aunque los avances en la tecnología de cohetes y la fabricación de paneles solares han reducido los costos, aún se requiere una inversión significativa para construir una infraestructura espacial viable.

Además, la transmisión de energía inalámbrica plantea preocupaciones en términos de seguridad y posibles efectos adversos para la salud y el medio ambiente. Los científicos están llevando a cabo investigaciones exhaustivas para comprender y mitigar estos riesgos, pero aún se necesitan más estudios antes de que podamos implementar esta tecnología a gran escala (fuente: Amazings).

En este sentido, no sólo la energía solar es una opción, la energía eólica marina ha surgido como una alternativa prometedo-



ra y emocionante. Con la capacidad de aprovechar los vientos constantes y potentes en altamar, esta forma de energía renovable se está posicionando como una fuente clave en la transición hacia un futuro más limpio y sostenible. La energía eólica marina es la generación de electricidad a partir del viento que se encuentra en altamar. A diferencia de los terrestres, los cuales aprovechan los vientos en tierra firme, los parques eólicos marinos se instalan en aguas profundas, donde los vientos son más fuertes y más constantes. Estos parques consisten en aerogeneradores especiales, conocidos como turbinas eólicas marinas, que están diseñados para soportar las condiciones rigurosas del entorno marino y maximizar la captura de energía eólica.

La forma en que funcionan estas turbinas es similar a las terrestres. Cuando los vientos soplan, las palas de la turbina capturan la energía cinética del viento y la convierten en energía mecánica. Ésta se transmite a un generador que la convierte en electricidad utilizable. Las turbinas eólicas marinas suelen estar agrupadas en parques, formando una red de generadores que alimenta la electricidad producida a través de cables submarinos hacia la costa.

La energía eólica marina tiene varias ventajas significativas. En primer lugar, los vientos en altamar son más fuertes y más constantes que en tierra, lo que significa que las turbinas pueden generar electricidad de manera más consistente y eficiente. Además, la instalación de parques eólicos marinos en aguas profundas evita conflictos con el uso de tierras y reduce los posibles impactos ambientales negativos en los ecosistemas terrestres.

Además de sus beneficios ambientales, también tiene el potencial de impulsar la economía y crear empleo. La construcción y el mantenimiento requieren una variedad de habilidades y servicios especializados, lo que puede generar oportunidades de empleo en las comunidades costeras. Además, la industria de la energía eólica marina fomenta la investigación y el desarrollo tecnológico, impulsando la innovación y la competitividad en el sector energético.

A medida que la tecnología y la experiencia en la energía eólica marina continúan avanzando, se espera que esta fuente de energía renovable juegue un papel cada vez más importante en la matriz energética global (fuente: NCYT).

Finalmente quiero comentarte sobre un nuevo material tan blando como la gelatina que podría sustituir a los metales como medio de conexión eléctrica para marcapasos, implantes cocleares y otros mecanismos electrónicos de tipo médico.

Esa clase de implantes está creciendo de manera espectacular en tipos de dispositivo y en ejemplares. Los más tradicionales son los marcapasos y los implantes cocleares, pero para un futuro no muy lejano ya se perfilan microchips retinianos y cerebrales, para hacer cosas como aumentar la capacidad de visión cuando está mermada, tratar la depresión y recuperar la movilidad de partes paralizadas del cuerpo.

Algunos implantes son rígidos y voluminosos, mientras que otros son flexibles y diminutos. Pero sea cual sea su forma y función, casi todos los incorporan electrodos, pequeños componentes eléctricamente conductores que se adhieren directamente a los tejidos de interés para estimular eléctricamente en ellos los músculos y nervios deseados.

Los electrodos implantables se fabrican principalmente con metales rígidos que son conductores eléctricos por naturaleza. Pero con el tiempo, éstos pueden dañar los tejidos con los que están en contacto, causando cicatrices e inflamación que a su vez pueden degradar el rendimiento del implante.

Ahora, un equipo del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) ha desarrollado un material sin metal, que es tan blando y resistente como el tejido biológico y que puede conducir la electricidad de forma similar a como lo hacen los metales convencionales.

Este material, un tipo de hidrogel polimérico conductor de alto rendimiento, se puede aplicar como una tinta en la superficie de los objetos que ejercerán de electrodos y podría sustituir algún día a los metales en los implantes electrónicos médicos.

Los detalles técnicos aparecen en la revista *Nature Materials*, bajo el título “3D printable high-performance conducting polymer hydrogel for all-hydrogel bioelectronic interfaces” (fuente: NCYT).

Descarga aquí nuestra versión digital.

COLABORADORES

Ana L. Chávez-Hernández
Licenciada en Ingeniería en Alimentos por la UAM. Maestra en Ciencias Químicas por la UNAM. Doctorante en el área de diseño de fármacos asistido por computadora en la UNAM. Su línea de trabajo se enfoca en el desarrollo de IA para diferenciar compuestos químicos derivados de productos naturales y una biblioteca de fragmentos de éstos para el diseño y desarrollo de nuevos fármacos.

Diana L. Prado-Romero
Química farmacéutica bióloga y maestra en Ciencias Químicas por la UNAM. Ha trabajado en la investigación dentro del campo de la Química Farmacéutica. Su línea de estudio está enfocada en el diseño de nuevos inhibidores contra ADN metiltransferasas utilizando herramientas de quimioinformática y modelado molecular.

Dora Irma Martínez Delgado
Profesora investigadora de tiempo completo en la FIME-UANL. Doctora en Ingeniería de Materiales. Jefa del Programa Educativo de Ingeniero en Materiales. Sus líneas de investigación son: ciencia e ingeniería en materiales, tribología y corrosión. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del Cuerpo Académico Consolidado en Ingeniería de Materiales y del SNI.

Edith Luévano Hipólito
Doctora en Ingeniería de Materiales por la UANL. Catedrática Conacyt adscrita a la FIC-UANL. Miembro del SNI, nivel I.

Eleazar Gándara Martínez
Tiene experiencia en la línea de investigación de síntesis de películas delgadas con diferentes técnicas de depósito como baño químico, pirólisis química por aspersión y deposición química de vapor.

Félix Fernando González Navarro
Investigador titular de la UABC. Doctor en Inteligencia Artificial por la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Sus principales líneas de trabajo son la IA, reconocimiento de patrones, minería/ciencia de datos y estudios estadísticos especializados. Miembro del SNI, de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, de la Academia Mexicana de Computación y de la Red de Ingeniería de Software del Conacyt.

Fernanda I. Saldívar- González
Química farmacéutica bióloga y maestra en Ciencias Químicas por la UNAM. Doctorante en el área de diseño de fármacos asistido por computadora en la UNAM. Elabora material educativo y de divulgación sobre temas novedosos en la Química y en el diseño de fármacos.

Francisco Javier Vázquez Rodríguez
Ingeniero y doctor en Materiales por la UANL. Catedrático en la FArq-UANL. Miembro del SNI, nivel I.

Griselda Quiroz-Compeán
Ingeniera electrónica por el ITN. Realizó un posgrado en Ciencias Aplicadas (Control y Sistemas Dinámicos) en el IPICyT. Profesora de tiempo completo en la FIME-UANL. Su línea de investigación es sobre sistemas de control y automatización con aplicaciones en ingeniería biomédica y mecatrónica. Miembro del SNI, nivel I.

Jesús Albany Armenta García
Maestro y doctorante en Ciencias en la UABC. Su línea de investigación es la implementación de señales Wi-Fi como tecnología de detección inalámbrica para aplicaciones de monitoreo de signos vitales en conjunto con técnicas de aprendizaje automático.

Jesús Caro Gutiérrez
Doctor en Ciencias por la UABC. Investigador titular de tiempo completo y desarrolla líneas de investigación en visión por computadora y ciencia de datos aplicadas a la caracterización de nanomateriales.

Jorge Eduardo Ibarra Esquer
Doctor en Ciencias de la Computación por la UABC. Profesor de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UABC. Sus líneas de estudio son el modelado y uso de datos en el Internet de las cosas y las aplicaciones de la ciencia de datos.

Leticia Myriam Torres Guerra
Investigadora emérita en el SNI. Premio Nacional de Ciencias en Tecnología, Innovación y Desarrollo 2018. Directora general del Cimav. Sus líneas de investigación son la síntesis y aplicación de materiales avanzados, como polvos y películas en proyectos de energía renovable y descontaminación sustentable.

Liliana Beatríz Sosa Compeán
Licenciada en Diseño Industrial por la UANL. Máster en Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos por la UdeG. Doctora en Filosofía, con orientación en Arquitectura y Asuntos Urbanos, por la UANL. Profesora titular y jefa de Investigación de Diseño en la FArq-UANL. Líder del cuerpo académico Nodo de diseño y complejidad. Sus líneas de investigación son el diseño basado en sistemas complejos, antropología del diseño y diseño en ciudades. Miembro del SNI.

Luis Enrique Gómez Vanegas
Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente
Licenciada en Físico-Matemáticas, maestra en Ciencias, con orientación en Ingeniería Mecánica, y doctora en Ingeniería de Materiales. Profesora de tiempo completo, titular B, de la FCQ-UANL. Sus líneas de investigación son desarrollo de materiales plasmónicos y fotónicos híbridos para su potencial uso en dispositivos optoelectrónicos. Miembro del SNI, nivel II.

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

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

Mariana González-Medina
Doctora en Bioinformática Estructural por la Universidad de Paris Cité. Trabaja en el Insituto Pasteur de París en el grupo de Bioinformática Estructural. Su investigación está enfocada en el diseño de fármacos para tratar la adicción a nicotina, empleando métodos de modelado de proteínas, aprendizaje profundo y dinámica molecular.

Nora Elizondo Villarreal
Ingeniera química por la UANL. Doctora en Ciencias en Química, con especialidad en Fisicoquímica. Profesora titular C en la FCFM. Ha sido investigadora visitante en la Universidad de Texas en Austin, y profesora visitante en la Universidad del Norte de Texas, en EE UU. Su línea de investigación se centra en la nanotecnología. Miembro del SNI, nivel I.

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.

Sheila Adela Villa-Cedillo
Química farmacéutica bióloga por la UJED. Maestra en Investigación Clínica por la UAC. Doctora en Ciencias, con orientación en Morfología, por la UANL. Labora en la FM-UANL. Miembro del SNI, nivel I.

Susana de la Torre Zavala
Química bacterióloga parasitóloga por la UANL. Doctora en Biotecnología, con especialidad en Microbiología, por el Cinvestav- Irapuato. Profesora e investigadora en la FCB-UANL. Sus líneas de trabajo se enfocan en la búsqueda de alternativas para mitigar el problema de la resistencia antimicrobiana de bacterias nosocomiales. Miembro del SNI, nivel I.

Lineamientos de colaboración
Ciencia UANL

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

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

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

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

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

Criterios generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.

- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.

- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.

- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de 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 Harvard.

- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.

Criterios específicos para artículos académicos

- El artículo deberá ofrecer una panorámica clara del campo temático.

- Deberá considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.

- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deberán contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deberán presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.

- Sólo se aceptarán modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.

- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.

Criterios específicos para artículos de divulgación

- Los contenidos científicos y técnicos tendrán que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.

- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.

- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.

- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. El formato no maneja notas a pie de página.

- En el caso de una reseña para nuestra sección *Al pie de la letra*, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.

Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: http://cienciauanl.uanl.mx/

- Los autores deberán declarar que en el proceso de elaboración de la investigación o redacción del documento no hubo conflictos de intereses; en caso de haberse presentado, deberán indicar los acuerdos que efectuaron. Asimismo, de haber contado con financiamiento, deberán anotar la institución o el nombre del fondo de dónde provino.

- Todas las colaboraciones, sin excepción, deberán pasar por una revisión preliminar, en la cual se establecerá si éstas cumplen con los requisitos mínimos de publicación que solicita la revista, como temática, extensión, originalidad y estructuras. Los editores no se obligan a publicar los artículos sólo por recibirlos.

- Todos los números se publican por tema, en caso de que un artículo sea aceptado en el dictamen, pero no entre en la publicación del siguiente número, éste quedará en espera para el número más próximo con la misma temática.

- Una vez aprobados los trabajos, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.

- Todos los artículos de difusión recibidos **serán sujetos al proceso de revisión** ***peer review*** o **revisión por pares**, del tipo **doble ciego**; los documentos se envían sin autoría a quienes evalúan, con el fin de buscar objetividad en el análisis; asimismo, las personas autoras desconocen el nombre de sus evaluadores.

- Bajo ningún motivo serán aceptados aquellos documentos donde pueda ser demostrada la existencia de transcripción textual, sin el debido crédito, de otra obra, acción denominada como plagio. Si el punto anterior es confirmado, el documento será rechazado inmediatamente.

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

¡SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES!

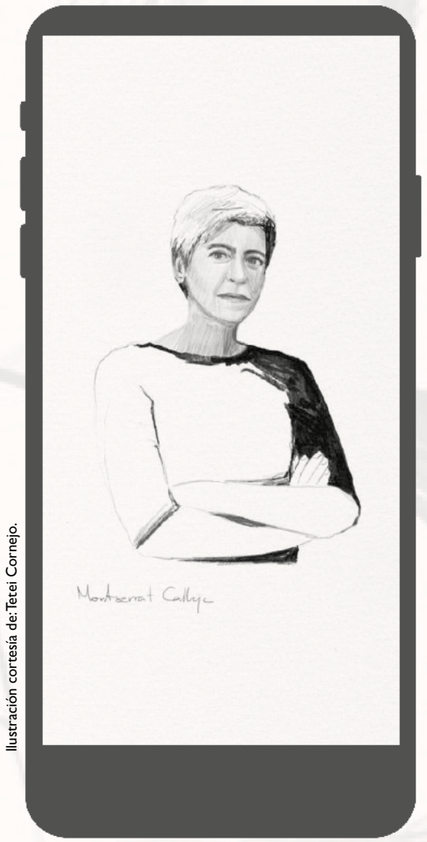


Ilustración cortesía de: Tetei Cornejo.

Instagram: @revistaciencia_uanl

Facebook: RevistaCienciaUANL

cienciauanl.uanl.mx/

Science,
Technology
Engineering
Mathematics

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

9 772007 117173 21

RevistaCienciaUANL Revistaciencia_uanl RevistaCIENCIAUANL

Indexada en:
PERIÓDICA
biblat
Bibliografía Latinoamericana
Actualidad Iberoamericana
Indice Internacional de Revistas
CONACYT ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
CUIDEN
Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
latindex
CATALOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"