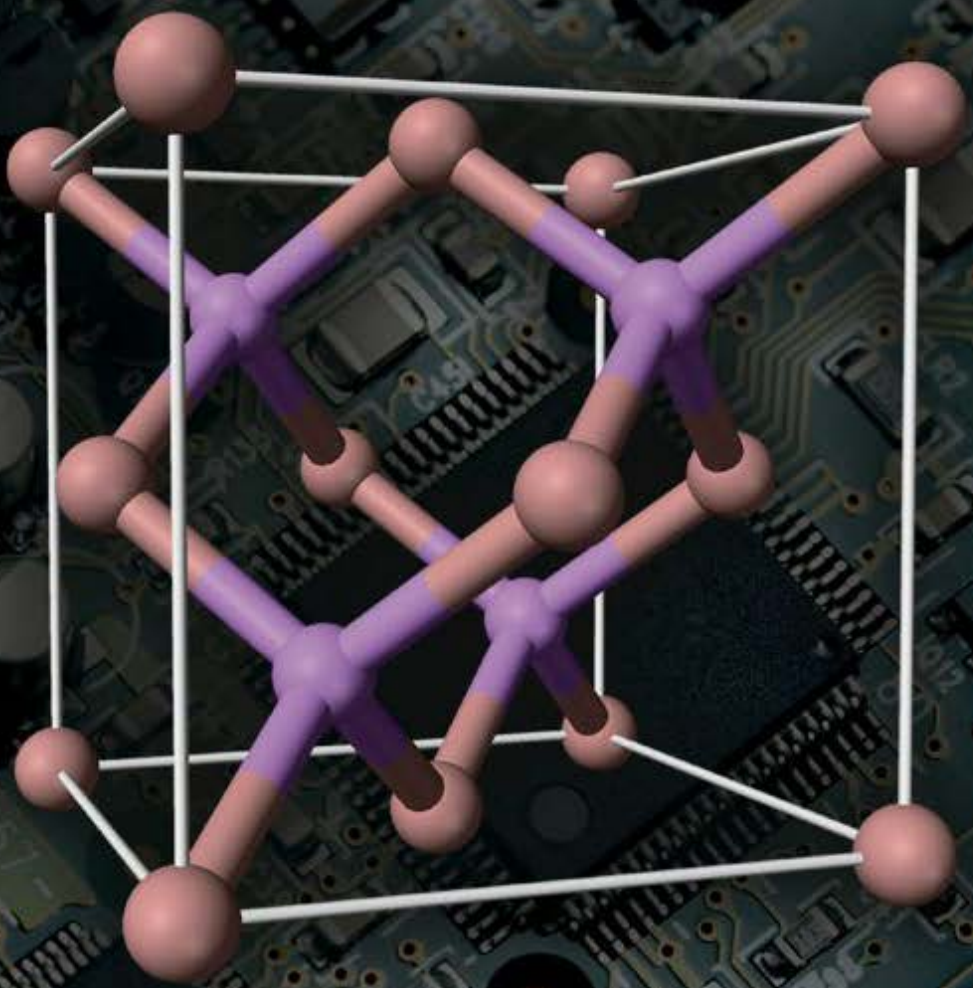
ISSN-E: 3061-841X

CIENCIAUANL

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

SEPTIEMBRE - OCTUBRE 2026



Evolución de baterías desde Los Supersónicos

Flammam, tradición y ciencia

GaAs sobre silicio, chips con luz integrada

Detección de epilepsia con IA

Año 29,
Número 139
septiembre - octubre 2026

AÑO 29, NÚMERO 139

Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Mario Alberto Garza Castillo
Secretario general

Mtro. Sergio Manuel Sánchez Trejo
Abogado general

Dr. José Ignacio González Rojas
Secretario de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director CienciaUANL

Melissa del Carmen Martínez Torres
Editora

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

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González
Corrector de inglés: Alejandro César Argueta Paz
Servicio social: Sofía Rangel Rodríguez
Roberto Esparza Alonso

Auxiliar administrativo: Samantha Jaqueline Zavala Salas
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza

CienciaUANL, Año 29, Nº 139, septiembre-octubre de 2026. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236, https://cienciauanl.uanl.mx, revista.ciencia@uanl.mx. Editora responsable: Melissa del Carmen Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102, ISSN impreso: 3061-8401, Licitud de Título y Contenido: 14914, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E: 3061-841X. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Responsable de la última actualización de este número: Melissa del Carmen Martínez Torres. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 01 de septiembre de 2026, tiraje: 1,400 ejemplares. Fecha de última modificación: 01 de septiembre de 2026.

Esta publicación, en su integridad, y los derechos contenidos en ella, están protegidos por la Ley Federal de Derecho de Autor y la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial, por lo que no podrá ser reproducida con fines comerciales sin autorización del editor. Asimismo, queda prohibido cualquier uso sobre esta publicación, sea total o parcial, con fines de entrenamiento de cualquier clase de inteligencia artificial, minería de datos y textos, incluyendo, pero no limitado, la generación o publicación de obras derivadas o contenidos basados total o parcialmente en esta publicación y cualquiera de sus partes pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Las violaciones a estas disposiciones constituyen una infracción en materia de comercio, derechos de autor y un delito.

Publicación indexada a LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

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.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2026

CienciaUANL

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 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 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)

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

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD



Más allá de tus cinco sentidos: hipersensitividad tecnológica para explorar el universo
Martín Santiago Domínguez-González, Abraham Luna-Castellanos

16 OPINIÓN



De la animación a la electroquímica: la evolución de las baterías desde *Los Supersónicos*
Raquel Garza-Hernández, Fabián Ambriz-Vargas

24 EJES



Flammam, tradición y ciencia: el nuevo Laboratorio de Análisis de Destilados de la UANL
Deyani Nocedo-Mena, Eduardo Gerardo Pérez-Tijerina

31 SECCIÓN ACADÉMICA

32

Un mal escondido en un EEG: detección de epilepsia con ayuda de inteligencia artificial
Luis Filiberto Regino-Medina, Juan Manuel González-Calleros, Alina Santillán-Guzmán

36 CURIOSIDAD



El chip que quiere brillar, GaAs sobre silicio: el camino hacia chips con luz integrada
Esteban Cruz-Hernández

52 CONCIENCIA



Cuando la radiactividad se convirtió en moda
Roberto Carlos López-Solís, Luis Carlos Juárez-Martínez, Alejandría Denisse Pérez-Valseca

60 CIENCIA DE FRONTERA



Cadenas de enseñanza y aprendizaje. El "suministro" del doctor Benito Sánchez Lara a la formación de los ingenieros
María Josefa Santos-Corral

66 SUSTENTABILIDAD



Ciencia para la sostenibilidad
Pedro César Cantú-Martínez

74 COLABORADORES

Aprender
también implica saber cuándo
descansar

María Aracelia Alcorta García*

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

A lo largo de mi trayectoria académica he observado que el aprendizaje de las matemáticas representa un desafío para un amplio sector del estudiantado. Mientras algunos alumnos cuentan con una sólida formación y habilidades que les permiten avanzar con relativa facilidad, otros alcanzan los mismos objetivos mediante un proceso de mayor dedicación y esfuerzo. Ambos perfiles pueden desarrollar competencias matemáticas exitosamente; sin embargo, con frecuencia el principal obstáculo no radica únicamente en los conocimientos previos, sino en la forma en que se enfrentan los mecanismos de aprendizaje y la resolución de problemas.

Durante diversos cursos de actualización docente ofrecidos por la Universidad Autónoma de Nuevo León, en colaboración con Banco Santander e impartidos por especialistas de instituciones estadounidenses, conocí un enfoque sobre el funcionamiento del aprendizaje que transformó mi práctica pedagógica y mi manera de abordar los retos intelectuales. Dicho planteamiento distingue dos modos complementarios de procesamiento cognitivo: uno enfocado y otro difuso, conceptos ampliamente difundidos por Barbara Oakley y colaboradores en el ámbito de la investigación sobre el aprendizaje.





El modo enfocado se activa cuando la atención se centra en una tarea específica, como resolver un problema matemático, desarrollar una demostración o analizar información compleja. Este tipo de trabajo exige un alto nivel de concentración y resulta indispensable para el razonamiento analítico. Sin embargo, mantener tal estado durante periodos prolongados puede generar fatiga cognitiva y dificultar la identificación de nuevas estrategias al momento de resolver un problema.

En contraste, el modo difuso entra en acción cuando la mente se aleja temporalmente de la tarea. Actividades como caminar, descansar brevemente o dormir favorecen un procesamiento más amplio de la información, permitiendo establecer conexiones entre ideas previamente aisladas. Es frecuente que, después de una pausa o incluso al despertar, aparezca con claridad la solución de un problema que parecía irresoluble horas antes.

Lejos de interpretarse como una interrupción improductiva, estos periodos de descanso constituyen un componente fundamental del aprendizaje. Diversas investigaciones en neurociencia cognitiva han mostrado que la alternancia entre concentración y relajación favorece la consolidación de conocimientos, la creatividad y la resolución de problemas complejos.

Esta perspectiva ofrece una enseñanza valiosa para alumnos y docentes de cualquier disciplina. Aprender de manera eficaz no depende exclusivamente de dedicar más tiempo al estudio, sino también de reconocer la importancia de equilibrar el esfuerzo intelectual con momentos de recuperación cognitiva. Comprender este proceso permite afrontar los retos académicos con estrategias más eficientes y con un mejor cuidado del bienestar personal.

Promover hábitos de estudio que integren periodos de concentración y descanso constituye una herramienta sencilla, respaldada por la investigación educativa, que puede contribuir significativamente al desarrollo académico y profesional de quienes enfrentan diariamente el desafío de aprender.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Más allá de tus cinco sentidos:

hipersensitividad tecnológica para explorar el universo

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.139.492

Martín Santiago Domínguez-González*
ORCID: 0000-0001-9506-4768

Abraham Luna-Castellanos*
ORCID: 0000-0002-3922-6168

* Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Puebla, México.
Contacto: martin.dominguezg@inaoep.mx, aluna@inaoep.mx

Nuestra comprensión del mundo comenzó a través de los cinco sentidos más elementales: la vista, el olfato, el oído, el tacto y el gusto. El conocimiento se fue formando con la observación directa y el contacto con el entorno, que con el tiempo nos fueron dotando de capacidades para interpretar más información de la que tenemos y que ocurre a nuestro alrededor: sonidos, colores, luces, olores, sabores y texturas. Sin embargo, aunque los sentidos tienen limitaciones, gracias al desarrollo de la ciencia y la tecnología han logrado expandir de manera asombrosa sus capacidades y nos han llevado a descubrir más allá de lo que podemos percibir naturalmente.

Está comprobado que ocho de cada diez cosas que aprendemos las adquirimos por el sentido de la vista, el oído aporta una más y nos provee de información de vibraciones que viajan por algún material como el aire o el agua. La última la obtenemos por nuestro olfato, tacto y gusto. El olfato ha servido a los humanos para reconocer sustancias químicas que se transportan en el aire. El tacto nos brinda detalles sobre la textura y la temperatura de los objetos y, finalmente, el gusto nos da la oportunidad de poder identificar la composición química de los elementos en nuestro entorno con el que tenemos contacto (Admiravisión, 2015).

En la actualidad, los vehículos Rover, colocados en Marte, llevan instrumentos que analizan el suelo y detectan su composición química, lo que permite a los científicos interpretar esos datos dando la oportunidad de identificar y examinar los elementos que conforman dichos compuestos con los conocidos en la Tierra, convirtiéndose en algo similar al gusto, tacto y olfato humanos (NASA/Jet Propulsion Laboratory, 2012). En el espacio, los astronautas experimentan microgravedad, por lo que los fluidos corporales se redistribuyen y cambian los sentidos. En particular, muchos reportan que el gusto se modifica, la comida les sabe más suave, por lo que prefieren alimentos más picantes o condimentados (Romanoff, 2009).

SUPERPODERES EN LA ASTRONOMÍA

En la astronomía, una de las herramientas que causaron un hito en la historia fueron los telescopios, ya que nos permitieron explorar galaxias que están a distancias inimaginables y con sensores creados con el fin de detectar radiación invisible para el ojo humano. En conjunto, nos otorgaron formas extraordinarias de reconocer el universo. En cierto modo, hemos desarrollado herramientas que nos dan "superpoderes" con los que podemos ampliar la manera de conocer el Cosmos.

El astrónomo Edwin Hubble, uno de los más grandes en su campo, dijo que la ciencia se hace con los cinco sentidos. El hecho de que el hombre haya pisado la Luna o que podamos recoger con nuestras propias manos un meteorito que seguramente llegó a la Tierra tras un largo viaje interplanetario, son ejemplos que ponen de manifiesto que el tacto ha contribuido en la investigación astronómica. ¿Será posible que un astrónomo pueda saborear u oler una estrella? Claramente no; es muy complicado conocer directamente a qué sabe un planeta o el olor del polvo de un cometa. ¿El oído aporta en el estudio del cosmos? ¿Podemos escuchar algo que proviene del espacio exterior?

El sonido es una onda mecánica capaz de moverse a través de un medio elástico, como lo hace en el aire a 300 metros por segundo, o en el agua o algún sólido, sustancias que contienen cientos de billones de partículas por centímetro cúbico. Sabiendo esto, ¿qué medio elástico hay entre las estrellas? Ninguno parecido a los antes citados. Entre ellas hay un vacío que no puede transmitir el sonido audible: unas pocas miles de partículas por centímetro cúbico.

En resumen, prácticamente estamos limitados a ver la luz que se desplaza desde las galaxias lejanas y analizarla con los telescopios y sus instrumentos. Debido a que la luz es una onda electromagnética, diferente del sonido, que viaja incluso en el vacío y más veloz que ninguna otra cosa, a aproximadamente 300 mil kilómetros por segundo, condición necesaria para explorar el vasto universo que nos rodea y, aun así, el recorrido de estas señales puede tomar millones de años en llegar a nuestros telescopios (Rodríguez, 1995).

RADIOASTRONOMÍA EN MÉXICO: EL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO (GTM)

La astronomía es una disciplina ancestral para el caso mexicano, y una de sus subdisciplinas es la radioastronomía, que se encarga de analizar el universo a través de las ondas de radio que provienen más allá de nuestra atmósfera y en la que México tiene reconocidos exponentes y grupos de investigación (López, 2021; DGCS UNAM, 2020; Poy, 2019).

Se cuenta con radiotelescopios como el GTM, una maravilla de la tecnología en México ubicado en el Volcán Sierra Negra. Este es un ejemplo de un instrumento astronómico de muy alta *sensitividad* (anglicismo del término en inglés sensitivity), capaz de localizar señales extremadamente débiles del universo (Wrobel y Walker, 1999: 171).

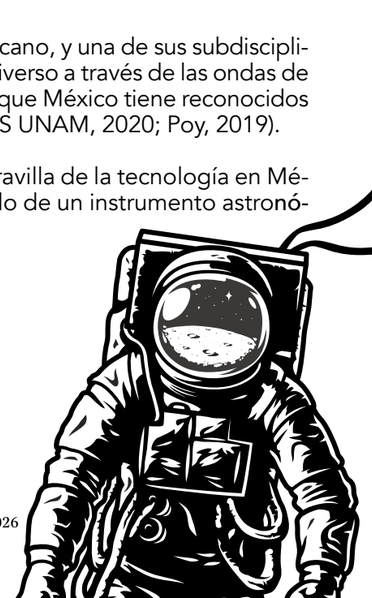




Figura 1. Vista panorámica del GTM en lo alto del Volcán Sierra Negra, a la derecha el volcán Pico de Orizaba (El País, 2009).

El GTM no detecta ondas electromagnéticas de luz que son visible a nuestros ojos, sino aquellas cuya longitud de onda es de milímetros, parecidas a las del wifi del Internet, un tipo de radiación electromagnética que nos permite identificar emisión de moléculas, del polvo en el espacio. Con el GTM, los astrónomos han podido ver lo que antes era imperceptible: lugares "oscuros" donde nacen las estrellas, el interior de galaxias y los entornos a agujeros negros supermasivos, e incluso rastros de moléculas que podrían estar relacionadas con el origen de la vida (Poy, 2019).

Su ubicación, en la cima de un volcán, a 4,600 metros de altura en el centro de México, se debe a que la atmósfera de la Tierra interfiere con las ondas milimétricas, es decir, que mientras más alto, menos vapor de agua hay en el aire, lo que permite una mayor observación. Además, desde la latitud a la que se encuentra, se tiene una mejor vista del corazón de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Su construcción tomó más de una década, requirió del trabajo y esfuerzo de científicos, ingenieros, técnicos, empresas y estudiantes de México y Estados Unidos (GTM, s.f.).

"OJOS" EN MICROONDAS PARA TODOS

¿Cómo podríamos acercar a los jóvenes a la ciencia y tecnología del GTM? Esta pregunta logró impulsar la construcción de una antena especial, pensada como una ventana a lo invisible y una herramienta económica, didáctica y formativa para iniciarse en radioastronomía. Este proyecto dio lugar al pequeño radiotelescopio educativo SMART II (por sus siglas en inglés), capaz de detectar ondas electromagnéticas centimétricas que no se aprecian a simple vista.

El SMART II funciona a manera de escáner de objetos que descubre emisores en la tierra y en el cielo, que normalmente no podemos percibir, como si fuera un investigador de lo imperceptible. Mapea su entorno de forma dinámica y activa, adaptando con precisión su antena y receptor según las necesidades que se requieran al momento del estudio, y es poco dependiente de condiciones climáticas. Su desarrollo fue gracias a la colaboración de un equipo de trabajo que integró las disciplinas de astrofísica, sistemas digitales y programación.

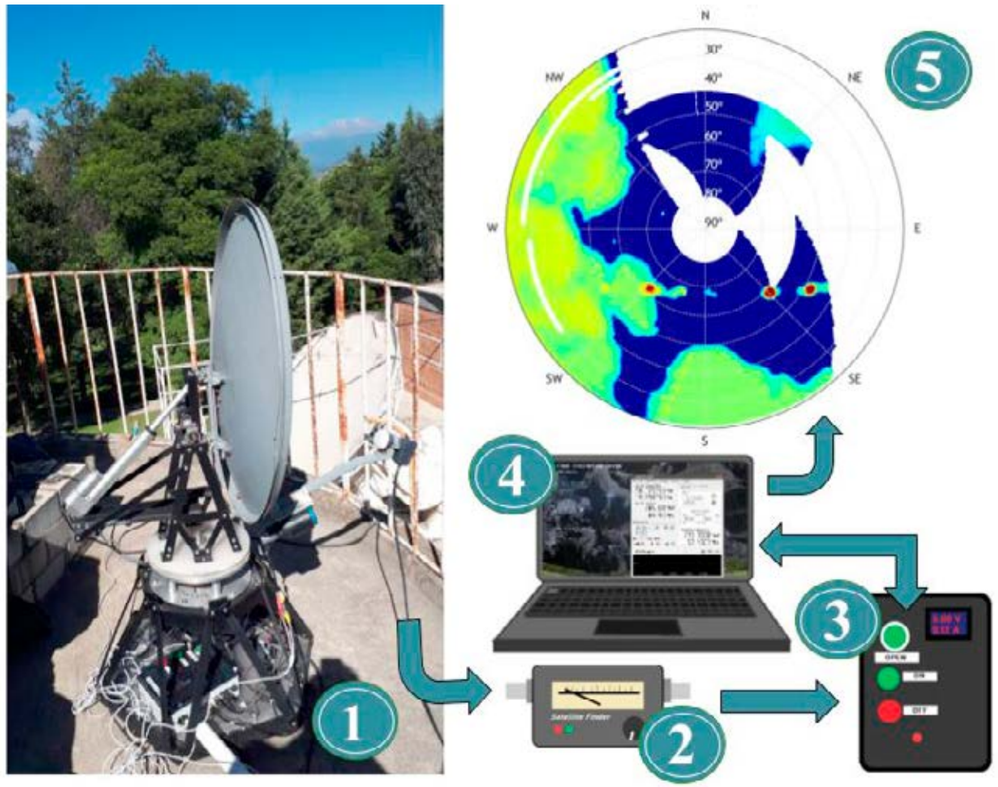


Figura 2. Etapas básicas del funcionamiento del SMART II. *(1)* Foto general mostrando la montura, el plato colector y el detector. Dos elementos localizados en la parte inferior de la montura son: *(2)* el detector de la señal y *(3)* la caja con la electrónica análogo-digital y de control del movimiento de la montura. Todo se comunica y retroalimenta desde una computadora *(4)* mediante el software de usuario y produce los mapas de emisión *(5)*. En él se distingue un entorno con árboles (verde), cielo (azul), satélites artificiales (rojos) y regiones no censadas (blanco).

Opera como un robot que lee coordenadas desde el programa Stellarium, software de planetario virtual gratuito y de código abierto con el fin de ubicar objetos del cosmos, puede seguirlos o generar un barrido de lecturas para formar un mapa de la emisión. Estas funciones se seleccionan en una interfaz de usuario en una computadora y se elabora una imagen de "falso color", como una fotografía, pero de esa radiación.

El SMART II ha permitido acercar a los jóvenes a trabajar en equipo y en áreas STEM que en español se refiere a Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, un enfoque educativo interdisciplinario que integra estas ramas del conocimiento con el objetivo de fomentar habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, preparando a los estudiantes para carreras innovadoras en un mundo digital (López *et al.*, 2020; Palacios *et al.*, 2022). Se ha presentado en diversos espacios educativos, desde nivel primaria hasta posgrado, ayudando a los alumnos a iniciarse como exploradores en la radioastronomía y la tecnología (INAOE, 2025; INAOE-AGC, 2025).

El SMART II brinda una visualización interactiva que lo convierte en un recurso valioso para poder fomentar la curiosidad científica y el estudio de nuestro universo.

REFERENCIAS

Admiravisión. (2015). El aprendizaje visual en los niños, *Admiravisión*, https://admiravision.es/el-aprendizaje-visual-en-los-ninos/?utm_source=chatgpt.com
DGCS UNAM. (2020). *Logran primera detección de exoplaneta mediante uso de ondas de radio*, Dirección General de Comunicación Social: Boletín UNAM-DGCS-641 Ciudad Universitaria, https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020_641.html
El País. (2009). Grandes telescopios para observar el espacio, *El País*, https://elpais.com/elpais/2009/08/06/album/1249540668_910215.html#?prm=copy_link
GTM. (s.f.). *Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano*, http://lmtgtm.org/?lang=es
INAOE. (2025). *Expandiendo el rango espectral de OAGH y las oportunidades para jóvenes universitarios*, Difusión y divulgación INAOE, https://inaoep.mx/noticias/?noticia=1352&anio=2025#cuerpoNota
INAOE-AGC. (2025). *TALLERMM-TNT2025*, Instituto Tecnológico Superior de Cananea (ITSC), https://www.inaoep.mx/~tallermmtnt/2025/
López, Patricia. (2021). Reconocimiento mundial en radioastronomía: estudiar la formación de nuevas estrellas y sus planetas le valió importante distinción. *Gaceta UNAM*: Comunidad, https://www.gaceta.unam.mx/catedra-karl-g-jansky-a-luis-felipe-rodriguez/



López, Víctor, Couso, Digna, Simarro, Cristina. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas, *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62), 1-29, https://doi.org/10.6018/red.410011
NASA/Jet Propulsion Laboratory. (2012). Mars rover's 'SAM' lab instrument suite tastes soil, *ScienceDaily*, https://www.sciencedaily.com/releases/2012/11/121113142230.htm
Palacios, Alicia, Pascual, Virginia, Moreno, Daniel. (2022). El papel de las nuevas tecnologías en la educación STEM, *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 11-21, https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.96550
Poy, Laura. (2019). Mexicanos, entre los premiados por obtener la primera imagen de un agujero negro, *La Jornada*, Ciencias, https://www.jornada.com.mx/2019/09/11/ciencias/a02n2cie
Rodríguez, L. (1995). *Un universo en expansión, astronomía ciencia para todos*, Instituto Latinoamericano de la Comunicación: Biblioteca digital Fondo de Cultura Económica, https://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/01/html/ununiver.html
Romanoff, Jim. (2009). When It Comes to Living in Space, It's a Matter of Taste, *Scientific American*, https://www.scientificamerican.com/article/taste-changes-in-space/
Wrobel, J. M., Walker, R. C. (1999). Sensitivity, en G. B. Taylor, C. L. Carilli, R. A. Perley (Eds.), *Synthesis Imaging in Radio Astronomy II* (Astronomical Society of the Pacific Conference Series, Vol. 180, pp. 171-176), Astronomical Society of the Pacific, https://adsabs.harvard.edu/full/1999ASPC..180..171Weste%20fuente

Recibido: 08/10/2025
Aceptado: 29/03/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Más allá de tus cinco sentidos: hipersensitividad tecnológica para explorar el universo

RESUMEN

La percepción, a través de los sentidos, ha sido fundamental para conocer el entorno inmediato. Sin embargo, la ciencia y la tecnología han logrado expandir nuestra capacidad de exploración del micro y macrocosmos. Por ejemplo, el Gran Telescopio Milimétrico (GTM), un proyecto binacional México-EE UU, ha permitido avances científicos en astrofísica y en tecnología de detectores de muy alta sensitividad. Con el objetivo de aproximar el mundo científico-tecnológico a jóvenes estudiantes, con un enfoque constructivista STEM, así como para fomentar la curiosidad científica y el desarrollo de habilidades en investigación tecnológica, se diseñó el Small Radio Telescope II (SMART II), una herramienta educativa asequible.

Palabras clave: ciencia, tecnología, radiotelescopio, herramienta educativa.

Beyond your five senses: technological hypersensitivity for exploring the universe

ABSTRACT

Perception, through the senses, has been fundamental to understanding our immediate surroundings. However, science and technology have expanded our capacity to explore the micro and macrocosm. For example, the Large Millimeter Telescope (LMT), a binational Mexico-USA project, has enabled scientific advances in astrophysics and in highly sensitive detector technology. With the aim of introducing the world of science and technology to young students, using a constructivist STEM approach, and fostering scientific curiosity and the development of technological research skills, the Small Radio Telescope II (SMART II), an affordable educational tool, was designed.

Keywords: science, technology, radio telescope, educational tool.



De la animación a la electroquímica: la evolución de las baterías desde *Los Supersónicos*

Raquel Garza-Hernández*
https://orcid.org/0000-0003-1854-595X

Fabián Ambriz-Vargas*
https://orcid.org/0000-0002-9069-9710

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.139.665

*** Centro de Investigaciones en Óptica A.C., Guanajuato, México.**
Contacto: rgarza@cio.mx , fambriz@cio.mx

¿Te acuerdas de la caricatura de *Los Supersónicos*, en donde todo se movía solo en la ciudad? Si no lo recuerdas es que tal vez eres muy joven, pero en 1962 se emitió el primer capítulo de una serie animada llamada *Los Supersónicos*, quienes vivían en una urbe totalmente automatizada (Wikipedia, 2025). El coche volador de Sónico, el papá de la familia, arrancaba al tocar un botón, su casa inteligente obedecía al instante y su robot doméstico solucionaba todo con eficiencia. Era un mundo movido por energía "invisible". Pero la caricatura nunca dijo qué hacía funcionar esa sociedad automatizada. Hoy sabemos que no hay futuro tecnológico sin un buen sistema de almacenamiento de energía.

Una de las cosas más sorprendentes en la serie era ver los medios de transporte aéreos por todo el cielo. ¿Puedes imaginarte llegar a tu lugar de trabajo o escuela en un coche volador? Indudablemente, te volverías el más conocido de tu colonia. Esto, pues, ya no es solo ficción, muy pronto será una realidad. Xpeng Aeroht llevó a cabo la primera prueba del *Xpeng X2*, un auto diseñado para vuelos breves, en Dubái, en octubre de 2022 (Xpeng, 2022).

En concreto, un vehículo necesita una fuente de energía con baja masa y alta densidad energética si se quiere volar. Por lo tanto, el *Xpeng X2* cuenta con un sistema de almacenamiento que se apoya en baterías de iones de litio, con una capacidad aproximada de 95 kWh. Esto le posibilita alcanzar una duración máxima de 35 minutos o cubrir una distancia de 75 km. Otra de las propiedades relevantes es que tiene una carga rápida, logrando casi el 80% en solo media hora, y fue diseñado utilizando fibra de carbono para disminuir su peso (figura 1).

La autonomía se ve afectada de manera directa por cada kilogramo adicional en una batería aérea. Por esta razón, la investigación actual se enfoca en electrolitos más estables ($Li_{10}GeP_2S_2$, $Li_{10}La_3Zr_2O_{12}$), ánodos con mayor capacidad (Si, $Li_4Ti_5O_{12}$, Li) y nuevos materiales catódicos ($LiNi_{0.8}Mn_{0.1}Co_{0.1}O_2$, $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$).

Para que un automóvil volador despegue de manera eficaz y sin peligro térmico, requeriría este tipo de química avanzada. Además, el auto no emite dióxido de carbono durante el vuelo, lo que favorece el progreso en la búsqueda de un transporte limpio. En esta perspectiva, el auténtico "motor" de *Los Supersónicos* no sería un propulsor futurista, sino más bien una estructura electroquímica mejorada.

Robotina era la automatización perfecta: se movía autónomamente por la casa, realizaba tareas y parecía no tener límites en su energía. Hoy no hay androides surcando la cocina, pero sí contamos con algo sorprendentemente similar en su función: las aspiradoras robóticas de piso (figura 2).

La diferencia no está en el grado de inteligencia, ya que ambas se pueden programar, se encuentra en la fuente de su independencia. La caricatura tenía energía eterna e invisible; sin embargo, en la actualidad la autonomía de los artefactos de limpieza depende de baterías de iones de litio recargables. Cada recorrido circular por la sala, cada retorno automático a la base de carga es posible por el movimiento reversible de los iones en celdas electroquímicas pequeñas.

En realidad, si Robotina simbolizaba el sueño de la ayuda en el hogar de manera autónoma, las aspiradoras actuales demuestran que eso no se lo debemos a la robótica, sino a la miniaturización y eficiencia energética prevalentes en las baterías de hoy en día, que son posibles gracias a su alta estabilidad cíclica. En otras palabras, lo que era magia futurista se sustenta hoy sobre principios electroquímicos.

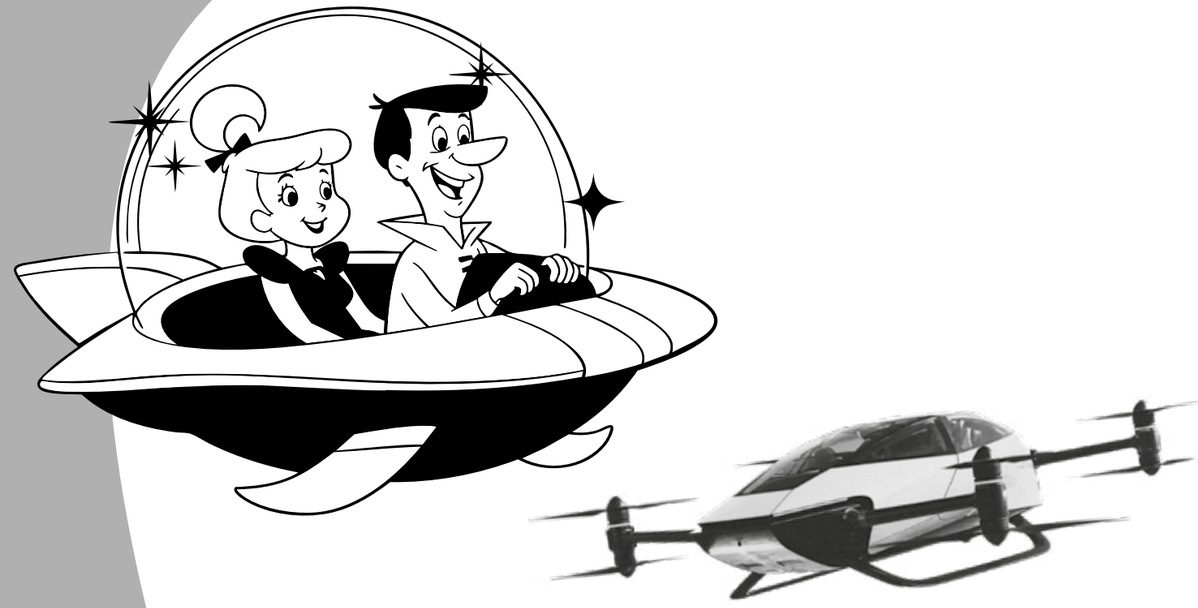


Figura 1. Comparación entre el automóvil de *Los Supersónicos* y el *Xpeng X2*.

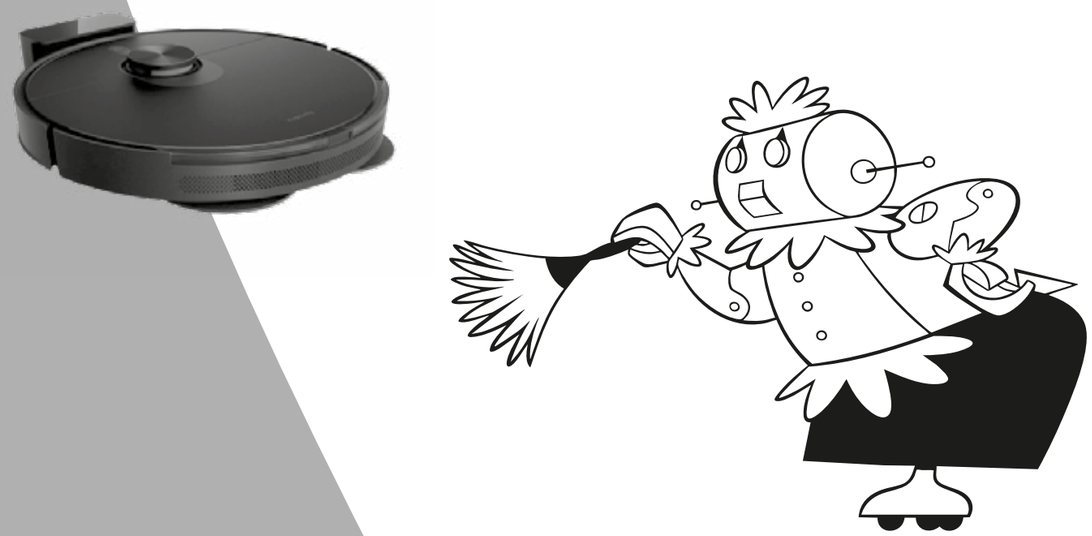


Figura 2. Comparación entre Robotina y una aspiradora robótica moderna.

Asimismo, en dicha serie pudimos ver por primera vez los relojes digitales, no solo capaces de informar sobre el tiempo, además eran medios de comunicación y agenda personal, ligeros, compactos, siempre conectados y listos para ser utilizados.

Lo que no se mostraba era el desafío energético detrás de tal miniaturización. Ya sabemos cómo son los relojes inteligentes que llevamos en nuestra muñeca, capaces de realizar funciones muy parecidas, por ejemplo, el monitoreo cardíaco, GPS, conectividad continua, sensores biométricos, etcétera. Todo ello basado en baterías de ion litio, con una densidad energética volumétrica muy elevada, con almacenamiento de energía suficiente en un espacio de apenas algunos milímetros de espesor, sin sacrificar comodidad y seguridad (figura 3).

Desde el punto de vista científico, el desafío consiste en minimizar el tamaño de la batería, maximizar la proporción superficie/volumen y, por lo tanto, potencializar ciertos procesos de degradación interfaz. Cada notificación, medida de pulso y cada sincronización inalámbrica define un microciclo de carga y descarga. Con el transcurso del tiempo, el desarrollo y el seguimiento de la interfase de electrolito sólido, los cambios en el cátodo y el estrés mecánico debido a microvibraciones impactan el rendimiento. Además, dado que estos dispositivos operan en un ambiente en contacto directo con el cuerpo, la estabilidad térmica y seguridad electroquímica son consideraciones prioritarias.

Por lo tanto, Samsung Electro-Mechanics desarrolló en 2024 una ultrapequeña batería de estado sólido para dispositivos portátiles con una densidad energética de 200 Wh/L. Los prototipos podrán ser utilizados en relojes inteligentes en el cuarto trimestre de 2027 (Seon-il, 2025). Mientras, las baterías de estado sólido tienen la ventaja sobre las de iones de litio (con electrolitos líquidos), al contar con electrolitos sólidos y reducir el riesgo de incendio. Además, poseen altas densidades energéticas y altos grados de libertad de forma. Lo malo de todo esto es que resulta más caro y compromete su rentabilidad.



Figura 3. Comparación entre el reloj comunicador de *Los Supersónicos* y un reloj inteligente contemporáneo.

En *Los Supersónicos* nada se descargaba inesperadamente. No había pérdida de capacidad, resistencia interna aumentante, ni formación de dendritas. Lo cierto es que cada ciclo de carga modifica ligeramente la química interior de una batería. La formación de la capa secundaria en la interfase (SEI, por sus siglas en inglés), la degradación del cátodo y la descomposición del electrolito son procesos ineludibles que limitan su vida útil.

A medida que avanzamos con vehículos eléctricos, almacenamiento de energía renovable y microbaterías para dispositivos médicos e Internet de las cosas, nos dirigimos lentamente hacia el mundo imaginario de *Los Supersónicos*. Pero el avance no se manifestará como una ciudad en el cielo. Lo encontraremos en la formulación de materiales con control atómico, la estabilidad de una interfaz o la optimización de un electrolito.

Si alguna vez vemos autos volando por el aire será solo porque hemos entendido algo mucho más pequeño: el comportamiento ordenado de iones en sólidos cuidadosamente diseñados. Por lo tanto, el futuro no se encontrará únicamente en circuitos más diminutos, sino en baterías más inteligentes.

REFERENCIAS

Seon-il, Yoo. (2025, April 1). Samsung desarrolla baterías de estado sólido para dispositivos wearables, *MoneyToday*, https://www.mt.co.kr/industry/2025/04/01/202504011351537000
Wikipedia Contributors. (2025). *Los Supersónicos*, https://es.wikipedia.org/wiki/Los_Supers%C3%B3nicos
Xpeng. (2022). *XPENG X2 completes first global public flight in Dubai*, https://www.xpeng.com/news/0183c70e409582358aaf2c9e2324117a7

Recibido: 05/03/2026
Aceptado: 08/05/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

De la animación a la electroquímica: la evolución de las baterías desde *Los Supersónicos*

RESUMEN

La serie animada de *Los Supersónicos*, lanzada en 1962, presentó la visión de una sociedad futurista llena de automóviles voladores, robots y tecnología inteligente. Aunque nunca se explicó qué tipo de automatización era aquella que permitía que los autos volaran y que los autómatas fueran tan inteligentes, sabemos que muchos de esos aparatos se basarán en el desarrollo de técnicas de almacenamiento de energía avanzadas, como las baterías. Hoy en día, podemos ver cómo algunas de esas tecnologías se están volviendo realidad al generar acumuladores de iones de litio que permiten almacenar energía a gran escala en dispositivos cada vez más pequeños y ligeros. Desde el punto de vista científico, esto se logrará gracias al desarrollo de nuevos materiales que se utilicen en los cátodos, ánodos y electrolitos de las baterías, también con métodos emergentes como las de estado sólido. Aunque aún queden muchas barreras que superar, por ejemplo, el agotamiento de dichos dispositivos durante los ciclos de carga y descarga, mejoras constantes nos están trayendo cada vez más hacia el futuro tecnológico que se nos presentó en *Los Supersónicos*.

Palabras clave: baterías, vehículo eléctrico, tecnología, reloj inteligente.

From animation to electrochemistry: the evolution of batteries since *The Jetsons*

ABSTRACT

The Jetsons animated series, released in 1962, presented a vision of a futuristic society filled with flying cars, robots, and intelligent technology. While the specific technology enabling flying cars and intelligent robots was never explained, we know that many of these technologies will rely on the development of advanced energy storage technologies, such as batteries. Today, we can see some of these technologies becoming a reality thanks to the development of lithium-ion batteries, which allow for the storage of large amounts of energy in increasingly smaller and lighter devices. From a scientific perspective, this will be achieved through the development of new materials used in battery cathodes, anodes, and electrolytes, as well as emerging technologies like solid-state batteries. Although many barriers remain to be overcome, such as battery depletion during charge and discharge cycles, constant improvements are bringing us ever closer to the technological future envisioned in The Jetsons.

Keywords: batteries, electric vehicles, technology, smartwatch.

Flammam, tradición y ciencia: el nuevo Laboratorio de Análisis de Destilados de la UANL

Deyani Nocedo-Mena*
ORCID: 0000-0001-8061-8609

Eduardo Gerardo Pérez-Tijerina*
ORCID: 0000-0001-9742-4093



https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.139.504

*** Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.**
Contactos: deyani.nocedomn@uanl.edu.mx, eduardo.pereztj@gmail.com

El mundo de los destilados artesanales en Nuevo León vive un momento histórico con la reciente instalación del Laboratorio de Análisis de Destilados de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Este espacio de investigación y certificación nace con el propósito de garantizar la calidad de *Flammam*, empleando como referencia técnica la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016 utilizada para evaluar las especificaciones fisicoquímicas del mezcal (Diario Oficial de la Federación, 2016). Aunque Nuevo León aún no forma parte de la Denominación de Origen Mezcal (DOM), la adopción de estos parámetros analíticos permite asegurar la calidad, autenticidad y reproducibilidad de *Flammam* bajo estándares reconocidos.

La apertura del laboratorio reafirma el compromiso de la UANL con la ciencia aplicada y la sostenibilidad. Provisto con tecnología de punta y respaldado por un equipo multidisciplinario, se proyecta como un aliado estratégico para productores locales e investigadores. Su infraestructura no solo fortalece la calidad del destilado de agave *Flammam*, también apoya iniciativas orientadas al aprovechamiento sustentable de los magueyes nativos del sur del estado, promoviendo el desarrollo social y económico desde la universidad (figura 1).



Figura 1. Áreas del Laboratorio de Análisis de Destilados de la UANL para el control de la calidad de *Flammam*. (1) Espacio de trabajo para muestras vegetales, (2) y (3) análisis de muestras por FTIR, (4) zona con cromatógrafo de gases-FID para determinar la calidad volátil, (5) entrada al laboratorio.

FLAMMAM: UNA JOYA ARTESANAL DE LA REGIÓN

El concepto de desarrollo económico y social regional basado en el conocimiento, impulsado a través del programa de turismo científico en el Observatorio Astronómico Universitario, dio origen a un proyecto orientado al aprovechamiento sustentable del agave en el sur de Nuevo León. Las particularidades del predio y del propio observatorio, junto con la presencia de pinos, cactáceas y diversas especies de maguey, despertaron el interés por explorar otras líneas de conocimiento. En consecuencia, surgió el proyecto "Tlapiani", posteriormente nombrado *Flammam*, que incluye la elaboración de un destilado artesanal producido en la fábrica escuela inaugurada en 2023 en Iturbide, Nuevo León (FCFM, 2023).

Flammam representa un esfuerzo integral que busca rescatar saberes ancestrales y generar impacto socioeconómico en la región. Dicho proyecto abarca acciones que van desde la gestión para la inclusión de Nuevo León en la DOM, hasta planes de capacitación, reforestación y transferencia del conocimiento a las comunidades. En tal sentido, con el fin de garantizar la continuidad y sostenibilidad del

programa, se creó el Laboratorio de Propagación y Conservación *in vitro* de Agaves, también como parte del proyecto *Flammam*. Este espacio cuenta con la participación de la Facultad de Ciencias Biológicas (FCB), que se suma al esfuerzo para fortalecer la subsistencia, multiplicación y el desarrollo sostenible de las especies de *Agave* en Nuevo León (Armendáriz, 2025).

Por otro lado, el destilado *Flammam*, presentado durante el 90 aniversario de la UANL, representa la riqueza natural y cultural del sur del estado. Este producto artesanal se elabora exclusivamente a partir de agaves nativos (*A. gentryi*, *A. asperrima* y *A. americana*), que crecen de manera silvestre en el Cerro de Picachos, en Iturbide, Nuevo León, y que no coinciden necesariamente con las especies empleadas en los estados con DOM.

Aunque la NOM-070-SCFI-2016 no define especies estrictas, establece parámetros aplicables a cualquier destilado de agaves silvestres o cultivados dentro de las zonas reconocidas. Para la obtención de *Flammam* las piñas seleccionadas se procesan mediante métodos tradicionales que imprimen una identidad única al producto final. El resultado es un mezcal joven, incoloro, con un suave tinte platinado y un característico aroma ahumado (FCFM, 2023).

UN LABORATORIO AL SERVICIO DE LA TRADICIÓN Y LA CALIDAD

La producción de destilados de agave es un arte que combina ciencia y herencia ancestral. Su calidad depende de múltiples factores: la madurez de la planta, el método de cocción, la fermentación, destilación y el almacenamiento. La elaboración del mezcal es artesanal y varía según la región, y aunque las técnicas tradicionales preservan el legado cultural, no siempre garantizan una calidad constante en cada botella. Si bien existen estudios sobre la composición del agave (Molina-Guerrero y Estrada-Baltazar, 2007) y los métodos de producción del mezcal, aún es necesario profundizar en la variabilidad química y metabolómica de magueyes silvestres asociados a las condiciones ambientales. Para garantizar su autenticidad, seguridad y excelencia sensorial, resulta fundamental evaluar distintas etapas del proceso de fabricación (Chávez-Parga *et al.*, 2016). La apertura de este laboratorio de control de calidad representa un gran avance, permitiendo monitorear y certificar con rigor científico cada fase de producción del destilado de agave *Flammam* (figura 2).

Con el objetivo de cumplir dicho propósito, el laboratorio dispone de infraestructura analítica de vanguardia que incluye un espectrómetro FTIR Thermo Scientific Nicolet iS50 de alto rendimiento y formato compacto. Sus prestaciones comprenden, entre otras, el accesorio *Specac Pearl*, auxiliar en la caracterización de líquidos, desde destilados hasta matrices de alta viscosidad. La tecnología analítica se completa con un cromatógrafo de gases Thermo Scientific Trace 1610 con detector de ionización de flama (FID), para la determinación precisa de aldehídos, ésteres, metanol y alcoholes superiores, conforme a la NMX-V-005-NORMEX-2018.

La aplicación de esta norma permite la cuantificación de los compuestos anteriores y corresponde a materias primas para bebidas alcohólicas, muestras en proceso y productos finales comercializados en México (Diario Oficial de la Federación, 2020). Actualmente, se trabaja en la implementación de otras técnicas analíticas que cumplan las normas NMX-V-050-NORMEX-2010 (determinación de metales), NMX-V-004-NORMEX-2018 (determinación de furfural) y NMX-V-006-NORMEX-2019 (determinación de azúcares). Estas acciones permitirán establecer un control más estricto de la calidad, fortaleciendo así el respaldo científico y legal del proceso productivo aplicable a cualquier destilado de agave (Diario Oficial de la Federación, 2016).

Al margen de esta tecnología analítica ya instalada, el Laboratorio de Análisis de Destilados busca incorporar enfoques innovadores basados en quimiometría y metabolómica, con el objetivo de realizar estudios más avanzados y precisos sobre la calidad de destilados de agave, la detección de posibles adulteraciones y la reducción de impurezas (Quintero Arenas *et al.*, 2020; El-Hawary *et al.*, 2020; López-Aguilar *et al.*, 2021; Franco, 2022;). La implementación de estos métodos en el proceso productivo de *Flammam* permitirá mejorar el perfil organoléptico y garantizar la consistencia del destilado final (López-Aguilar *et al.*, 2025).

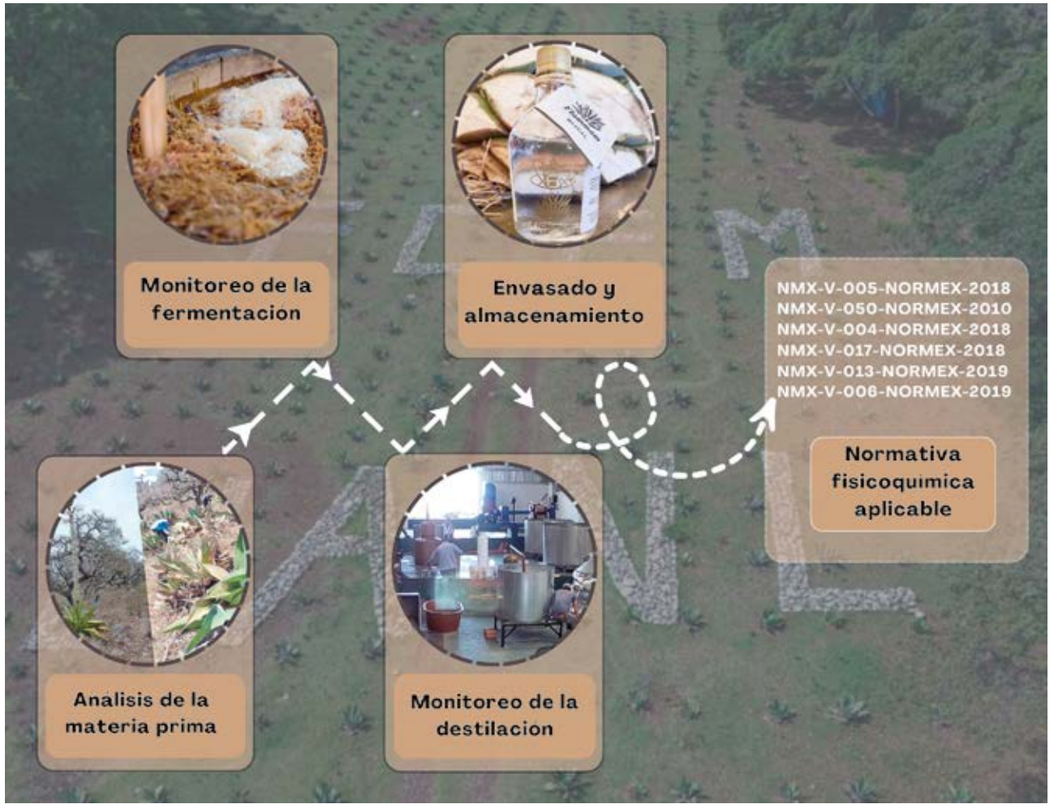


Figura 2. Etapas para el monitoreo analítico en la producción del destilado *Flammam* y su normativa aplicable (modificado de Nocedo-Mena y Pérez Tijerina, 2025).

Entre las actividades desarrolladas en el Laboratorio podemos citar el monitoreo de las fracciones (punta, centro y cola) obtenidas durante la destilación, así como un estudio preliminar de tres especies de *Agave* mediante espectroscopía FTIR (figura 3). Estos ejercicios se realizaron con la participación de alumnos de la UANL y de la Universidad Tecnológica Cadereyta. Todos los espectros FTIR fueron adquiridos utilizando el módulo de reflectancia total atenuada (ATR) en la región del infrarrojo medio (MIR).

El análisis FTIR de las fracciones obtenidas permitió identificar variaciones composicionales a lo largo del proceso (figura 3a). La punta presentó bandas O–H y C–H más intensas, indicando una mayor proporción de compuestos volátiles e hidroalcohólicos. El centro mostró un espectro más estable y uniforme, característico de la porción de destilado con estructura más constante y elevada predominancia de etanol. En cuanto a la fracción cola, su espectro refleja la presencia de compuestos menos volátiles o de mayor peso molecular. En conjunto, tales diferencias espectrales permiten monitorear de manera efectiva la evolución química del destilado y constituyen un indicador útil para el control de calidad del proceso.

En cuanto a la comparación de los espectros de *A. gentryi*, *A. asperrima* y *A. americana* se percibieron perfiles similares, reflejando la composición estructural característica de estas espe-

cies (figura 3b). En el intervalo de 3500–3200 cm⁻¹ se aprecian las bandas anchas de estiramiento pertenecientes a los grupos -OH. A continuación se observan señales a ~2900 cm⁻¹ (estiramiento alifático), atribuibles a las fracciones lipídicas o componentes alifáticos, sin diferencias significativas entre las especies. Trabajos previos coinciden en que estas regiones no resultan adecuadas para realizar estudios comparativos en dichas plantas (López Aguilar *et al.*, 2024).

No obstante, las bandas presentes en la zona de huella dactilar (1500-900 cm⁻¹) proporcionan información relevante sobre los enlaces C-O, C=O, C-C y pueden contribuir a discriminar entre especies, sobre todo si se combina con técnicas de estadística multivariada. De hecho, esta región espectral ha sido utilizada previamente por Mellado-Mojica y López (2015) para el estudio del perfil de carbohidratos de *A. tequilana* y *A. salmiana*, un tipo de análisis que también buscamos desarrollar en nuestro laboratorio.

LABORATORIO PARA EL DESARROLLO REGIONAL

La creación del Laboratorio de Análisis de Destilados de agave se integra a una estrategia más amplia que busca promover el desarrollo socioeconómico del sur de Nuevo León. En esta región semiárida, caracterizada por su biodiversidad única, investigadores de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM) de la UANL han identificado el potencial de dicha planta como recurso para impulsar iniciativas productivas sustentables y fortalecer las economías locales.

El Laboratorio ofrecerá servicios analíticos a pequeños y medianos productores, permitiéndoles evaluar y certificar la calidad de sus destilados y facilitando su acceso a nuevos mercados. De esta manera, la Universidad no solo fomenta la investigación científica, también fortalece los lazos con la comunidad, creando oportunidades de crecimiento económico para los habitantes de la región. Por otro lado, la colaboración con otras facultades y laboratorios del país permitirá la formación de estudiantes de licenciatura y posgrado, generando recursos humanos especializados y proyectos de innovación con impacto social.

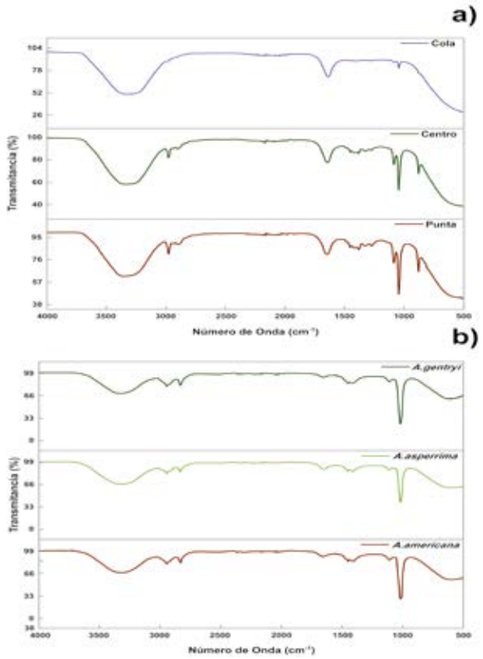


Figura 3. a) Monitoreo por FTIR del proceso de destilación de *Flammam* (28-01-2025); b) análisis FTIR para la diferenciación preliminar de tres especies de agave.

CONSIDERACIONES FINALES

La apertura del Laboratorio de Análisis de Destilados consolida el compromiso de la UANL con la unión de la ciencia y la tradición. Este espacio garantiza la calidad de *Flammam* y otros destilados artesanales, fortaleciendo su autenticidad y proyección en mercados nacionales e internacionales.
El destilado de agave *Flammam* representa un símbolo de identidad regional, capaz de preservar el valor cultural de estas especies y, al mismo tiempo, impulsar el desarrollo científico, económico y social de las comunidades del sur de Nuevo León.

AGRADECIMIENTOS

Deyani Nocedo-Mena agradece a la Secihti, proyecto CBF-2025-I-2029.

REFERENCIAS

Armendáriz, Esperanza. (2025). Trabajan en la conservación del agave para el destilado Flammam, *Vida Universitaria* (abril 11), Universidad Autónoma de Nuevo León, https://vidauniversitaria.uanl.mx/expertos/trabajan-conservacion-del-agave-para-destilado-flammam/
Chavez-Parga, María del C., Pérez-Hernández, Elia, González-Hernández, Juan C. (2016). Revisión del agave y el mezcal, *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552
Diario Oficial de la Federación. (2016). *Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-mezcal-especificaciones*, https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/6437/seeco11_C/seeco11_C.html
Diario Oficial de la Federación. (2020). *NMX-V-005-NORMEX-2018 Bebidas alcohólicas-determinación de aldehídos, ésteres, metanol y alcoholes superiores*.
El-Hawary, Sheam S., El-Kammar, Heba A., Farag, Mohamed A., *et al.* (2020). Metabolomic profiling of five Agave leaf taxa via UHPLC/PDA/ESI-MS in relation to their anti-inflammatory, immunomodulatory and ulceroprotective activities, *Steroids*, 160, 108648, https://doi.org/10.1016/j.steroids.2020.108648
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. (2023). *Destilado de agave. Un desarrollo científico de la UANL*, Universidad Autónoma de Nuevo León, https://www.fcfm.uanl.mx/destilado-flammam/
Franco, Jaqueline M. (2022). UPLC-HRMS for discriminant metabolomic studies of Tequila (tesis de maestría), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
López Aguilar, Rosa, Hernández Núñez, Emanuel, Hernández Montes, Arturo, *et al.* (2024). Differentiation of mezcales from four agave species using FT-MIR and multivariate statistical analysis, *Biotecnia*, 26, 293-305, https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2210
López-Aguilar, Rosa, Hernández-Núñez, Emanuel, Hernández-Montes, Arturo, *et al.* (2025). Volatile composition and sensory profiles of ancestral and artisanal mezcals from Oaxaca, Mexico obtained from *Agave potatorum, Agave angustifolia, and Agave karwinskii, Journal of Food Science and Technology*, https://doi.org/10.1007/s13197-025-06470-1
López-Aguilar, Rosa, Zuleta-Prada, Holber, Hernández-Montes, Arturo, *et al.* (2021). Comparative NMR Metabolomics Profiling between Mexican Ancestral & Artisanal Mezcals and Industrialized Wines to Discriminate Geographical Origins, Agave Species or Grape Varieties and Manufacturing Processes as a Function of Their Quality Attributes, *Foods*, 10(1), 157. https://doi.org/10.3390/foods10010157
Mellado-Mojica, Erika, López, Mercedes G. (2015). Identification, classification, and discrimination of agave syrups from natural sweeteners by infrared spectroscopy and HPAEC-PAD, *Food Chemistry*, 167, 349-357, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.111
Molina-Guerrero, J. A., Estrada-Baltazar, J. E. (2007). Compuestos volátiles en el mezcal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(1), 41–50.
Nocedo-Mena, Deyani, Pérez Tijerina, Eduardo. (2025). Biotecnología y ciencias agropecuarias-T II, en M. E. Sánchez Morales, G. V. Vázquez García (Eds.), *Avances científicos y tecnológicos en México II* (pp. 162,168), Temacilli Editorial.
Quintero Arenas, Mónica A., Meza-Márquez, Ofelia G., Velázquez-Hernández, José L., *et al.* (2020). Quantification of adulterants in mezcal by means of FT-MIR and FT-NIR spectroscopy coupled to multivariate analysis, *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 229-239, https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1740327

Recibido: 16/10/2025
Aceptado: 12/02/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Flammam, tradición y ciencia: el nuevo Laboratorio de Análisis de Destilados de la UANL

Flammam, tradition and science: the new Distillates Analysis Laboratory of UANL

RESUMEN

El Laboratorio de Análisis de Destilados de la UANL representa un hito en la integración de la ciencia y la tradición en Nuevo León. Su creación tiene un propósito específico: garantizar la calidad del destilado de agave *Flammam*. Provisto con tecnología analítica de vanguardia y tomando como referencia la NOM-070-SCFI-2016, permite monitorear el proceso productivo de *Flammam*. El laboratorio avanza, además, hacia la implementación de absorción atómica, quimiometría y metabolómica, fortaleciendo la investigación, la detección de adulteraciones y la mejora del perfil organoléptico. También contribuye a la formación de estudiantes y a la colaboración con productores locales, promoviendo el desarrollo económico y social regional, basado en el conocimiento.

Palabras clave: *Flammam*, destilados de agave, control de calidad, desarrollo regional, mezcal.

ABSTRACT

The UANL Distillates Analysis Laboratory represents a milestone in the integration of science and tradition in Nuevo León. Its creation aims to ensure the quality of the Flammam agave distillate. Equipped with cutting-edge analytical technology and using NOM-070-SCFI-2016 as a reference, it enables the monitoring of Flammam's production process. The laboratory is also advancing toward the implementation of atomic absorption, chemometrics, and metabolomics, strengthening research, adulteration detection, and the improvement of the organoleptic profile. It also contributes to student training and collaboration with local producers, promoting regional economic and social development based on knowledge.

Keywords: Flammam, agave distillates, quality control, regional development, mezcal.

SECCIÓN ACADÉMICA

Un mal escondido en un EEG: detección de epilepsia con ayuda de inteligencia artificial

Un mal escondido en un EEG: detección de epilepsia con ayuda de inteligencia artificial

Luis Filiberto Regino-Medina*
ORCID: 0000-0001-9813-0812

Juan Manuel González-Calleros*
ORCID: 0000-0002-9661-3615

Alina Santillán-Guzmán*
ORCID: 0000-0001-5165-4889

https://doi.org/10.29105/cienciauanlv29.139.540

RESUMEN

El cerebro envía señales eléctricas que se miden con electroencefalogramas (EEG) para diagnosticar enfermedades como la epilepsia. Las ondas cerebrales reflejan distintos estados y sus anomalías pueden indicar problemas. La inteligencia artificial (IA) mejora el análisis de EEG, detectando eventos epilépticos con alta precisión, pero debe apoyar al juicio clínico, no reemplazarlo. La colaboración y formación continua son clave para integrar eficazmente la IA en la medicina.

Palabras clave: epilepsia, electroencefalograma, inteligencia artificial, detección.

ABSTRACT

The brain generates electrical signals that are measured with electroencephalograms (EEG) to diagnose disorders such as epilepsy. Brain waves reflect different states, and abnormalities in them may indicate problems. Artificial intelligence (AI) enhances EEG analysis by detecting epileptic events with high accuracy, but it should support clinical judgment, not replace it. Collaboration and continuous training are key to effectively integrating AI into medicine.

Keywords: Epilepsy, electroencephalogram, artificial intelligence, detection.

El cerebro es un órgano fascinante. Es el comandante que envía señales a través de nuestro organismo con el objetivo de generar respuestas rápidas y coordinadas frente a los cambios del entorno. Estas señales se producen gracias al impulso eléctrico de las neuronas, células especializadas que reciben, procesan y transmiten información dentro del sistema nervioso. Además, el cerebro envía potenciales de acción para llevar a cabo labores cotidianas como caminar, comer y ver, entre muchas otras.

En condiciones normales, dicha onda eléctrica ocurre de manera ordenada; sin embargo, cuando se altera, pueden presentarse señales neuronales anormales que modifican temporalmente el movimiento, la conciencia o la percepción. Tales alteraciones pudieran estar relacionadas con la epilepsia, una enfermedad neurológica caracterizada por la predisposición del cerebro a generar crisis epilépticas, las cuales pueden manifestarse mediante comportamientos extraños, ausencias o gestos involuntarios de brazos y piernas.

* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
Contacto: luis.reginome@correo.buap.mx, juanmanuel.gonzalez@correo.buap.mx, alina.santillan@correo.buap.mx

LA EPILEPSIA Y EL PROBLEMA ESCONDIDO

La epilepsia es la enfermedad nerviosa crónica del cerebro más común en el mundo, afecta a personas de cualquier raza, edad o nivel socioeconómico. Se caracteriza por convulsiones recurrentes (también puede ser del tipo no convulsiva) no provocadas.

Suele presentarse en pacientes con antecedentes de traumatismos durante el nacimiento, lesiones o infecciones cerebrales, aunque en algunos casos no se identifica la causa específica. No es transmisible de una persona a otra.

Es el resultado de una señal eléctrica anormal en el cerebro y se manifiesta de dos formas principales: convulsivas y no convulsivas. Las primeras se caracterizan por movimientos repentinos e incontrolables, como rigidez en las extremidades y temblores; las segundas pueden causar cambios en el estado mental, por ejemplo, la epilepsia de ausencia, quien la presenta parece quedarse mirando fijamente sin responder a su entorno. La Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés) estima que alrededor de 50 millones de personas en todo el orbe padecen algún tipo de dicha enfermedad.

DESAFÍOS EN EL DIAGNÓSTICO DE EPILEPSIA

El diagnóstico preciso de la epilepsia se realiza mediante la evaluación clínica de un especialista en neurología y con el respaldo de pruebas como el electroencefalograma, que muestra las ondas anormales asociadas con la enfermedad.

Uno de los desafíos importantes en el dictamen y manejo de este padecimiento es la disponibilidad limitada de especialistas en neurología, lo cual puede llevar a una proporción desfavorable entre profesionales de la salud y población. Esto se traduce en una carga de trabajo significativa para los facultativos, sobre todo en el análisis e interpretación de los resultados de los electroencefalogramas.

Dado el número limitado de médicos y la alta demanda, existe la posibilidad de errores humanos ocasionados por fatiga, monotonía, estados de ánimo o descuidos. Además, los neurólogos no solo atienden a pacientes con epilepsia, también a personas con otras enfermedades cerebrales, nerviosos e inclusive musculares, lo que aumenta su carga de trabajo.

Para abordar dicha problemática, es necesario impulsar la formación de más especialistas y mejorar la infraestructura y los recursos destinados a la atención neurológica. Además, el uso de tecnologías y algoritmos de IA en el análisis de los EEG podría ayudar a aliviar el volumen laboral y optimizar la precisión en los diagnósticos.

CÓMO INTERPRETAR LAS SEÑALES CEREBRALES

Como se mencionó anteriormente, el cerebro genera señales que pueden medirse con electrodos colocados sobre el cuero cabelludo (no invasivas) o dentro del cráneo (invasivas). Estos las registran y permiten estudiar sus patrones y funciones.

De acuerdo con Risqiwati *et al.* (2024), el electroencefalograma (EEG) muestra la señal eléctrica cerebral mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo y permite observar señales onduladas a lo largo del tiempo, conocidas como ondas o ritmos cerebrales. Entre ellas se encuentran las alfa, beta, theta y delta; las alfa predominan cuando la persona está despierta, relajada y especialmente con los ojos cerrados. Las beta se relacionan con estados de vigilia activa, concentración y pensamiento profundo; las theta se asocian con somnolencia o estados de transición hacia el sueño, y las delta, de menor frecuencia, aparecen principalmente durante el sueño profundo.

Cuando ocurren cambios anómalos en estas, podría ser indicativo de padecimientos cerebrales como la epilepsia, para la cual, el EEG puede mostrar señal eléctrica anormal: picos y ondas rápidas, características de las crisis epilépticas. El análisis de las ondas cerebrales en el EEG es una herramienta de apoyo en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades neurológicas, incluida la epilepsia, ya que permite revisar estudios extensos, destacar áreas de interés médico y asistir en el diseño de planes de tratamiento adecuados.

IA AL RESCATE

La inteligencia artificial es una rama de la informática que permite desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren del razonamiento humano: analizar datos, reconocer patrones, aprender de la información y apoyar la toma de decisiones. La aplicación de IA en medicina ha mejorado varios de estos puntos. En este contexto, un algoritmo es un conjunto ordenado de pasos que permiten procesar informes, identificar patrones y generar resultados a partir de lo analizado.

Por ejemplo, Liu mostró su capacidad en el reconocimiento de edema macular diabético mediante imágenes de la retina. Asimismo, en el área de la epilepsia ya existen herramientas que apoyan el análisis de EEG autorizadas por la FDA, como Ceribell, Persyst o Encevis, que contribuyen a la identificación de segmentos con posible actividad epiléptica para su revisión clínica. Estos algoritmos ayudan a interpretar datos complejos y reconocer patrones sutiles que podrían pasar desapercibidos.

En la evaluación de EEG en epilepsia, la IA ofrece herramientas esenciales que detectan eventos epilépticos con precisión. El uso de un algoritmo que auxilie el análisis de un EEG puede seguir varios pasos: (1) preprocesamiento, para eliminar artefactos no deseados (musculares u oculares); (2) procesamiento de señales, transformando el EEG en datos representativos y obteniendo características relevantes; (3) reconocer patrones, buscando rasgos que distingan señales convulsivas de las no convulsivas mediante aprendizaje automático o técnicas de IA, y (4) resultados, mostrando los lugares donde se identifican eventos epilépticos. La investigación de Bai, Litscher y Li sugiere que los algoritmos de IA utilizados en el EEG muestran un alto potencial en la detección de crisis epilépticas y funcionan como herramientas de apoyo para la valoración temprana, aunque requieren mayor validación clínica antes de su aplicación generalizada.

El uso de algoritmos basados en IA puede acelerar y automatizar el análisis de EEG, permitiendo revisar grandes volúmenes de registros en menos tiempo, aliviar la carga laboral y aumentar la precisión y eficiencia del dictamen.

Los algoritmos de IA en medicina no buscan reemplazar a los especialistas, sino apoyarlos y mejorar la efectividad en el estudio y diagnóstico de enfermedades, incluida la epilepsia. La atención médica es un proceso complejo que requiere evaluación clínica, experiencia y juicio humano. Aunque los algoritmos pueden detectar patrones y señales en los EEG, no toman decisiones clínicas por sí solos. El dictamen y tratamiento deben ser realizados por profesionales de la salud capacitados, considerando múltiples factores como el historial, los síntomas y resultados de otras pruebas complementarias. En este sentido, la IA colabora en el trabajo clínico y puede contribuir a mejorar la calidad de la atención al combinar experiencia médica y herramientas tecnológicas.

CONCLUSIONES

El EEG es una ventana al comportamiento eléctrico del cerebro, pero su interpretación pudiera ser demandante cuando los registros son extensos y los eventos sutiles. Los algoritmos basados en IA acelerarían el análisis y reducirían la probabilidad de omitir segmentos relevantes, siempre que se utilicen con validación adecuada, transparencia y supervisión clínica.

La integración responsable de estos algoritmos, junto con capacitación continua e investigación interdisciplinaria puede contribuir a dictámenes más oportunos y a una atención neurológica más eficiente. No obstante, el uso de la IA en la práctica clínica presenta desafíos como la validación de los algoritmos, la protección de datos médicos y el riesgo de falsos positivos o negativos.

La inteligencia artificial no reemplaza el diagnóstico, pero representa una herramienta valiosa de apoyo para los profesionales de la salud, por lo que debe utilizarse bajo supervisión médica y como complemento del juicio clínico, porque no es un sustituto del especialista.

REFERENCIAS

Bai, Lin, Litscher, Gerhard, Li, Xiaoning. (2025). Epileptic seizure detection using machine learning: A systematic review and meta-analysis, *Brain Sciences*, 15(6), 634.

Liu, Xinle, Ali, Tayyeba K., Singh, Preeti, *et al.* (2022). Deep learning to detect optical coherence tomography-derived diabetic macular edema from retinal photographs: a multicenter validation study, *Ophthalmology Retina*, 6(5), 398-410, https://doi.org/10.1016/j.oret.2021.12.021

United States Food and Drug Administration. (2025, April 9). *Ceribell Seizure Detection Software: 510(k) premarket notification K241589*, https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf24/K241589.pdf

Risqiwati, Diah, Wibawa, Adhi D. Pane, Evi S., *et al.* (2024). Effective relax acquisition: A novel approach to classify relaxed state in alpha band EEG-based transformation, *Brain Informatics*, 11, 12.

Organización Mundial de la Salud. (2024). *Epilepsia*, https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy

Recibido: 09/02/2026
Aceptado: 29/05/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

El chip que quiere brillar, GaAs sobre silicio: el camino hacia chips con luz integrada

Esteban Cruz-Hernández*
ORCID: 0000-0001-7004-7638

El silicio es el rey de la electrónica, pero no nació para brillar. Cada vez que mandamos una foto, abrimos una videollamada o consultamos algo "en la nube", millones de señales cruzan procesadores, memorias y servidores repartidos por el planeta, y todo ese trasiego utiliza energía: en 2024 los centros de datos del mundo consumieron cerca de 415 teravatios-hora de electricidad –alrededor del 1.5 % de toda la generada en el orbe–, una cifra que se proyecta duplicar con creces hacia 2030 (IEA, 2025). Pero lo más revelador aparece al hacer zoom hasta el interior del chip. Ahí, mover un bit de un punto a otro puede gastar más energía que la operación que se realiza con él, y traerlo desde la memoria externa genera un costo cientos de veces mayor que el cálculo en sí. En la electrónica moderna, transportar la información puede costar tanto o más que procesarla (Miller, 2017; Horowitz, 2014).

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.139.569

* Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
Contacto: esteban.cruz@uaslp.mx

Durante décadas, esas señales han viajado como corrientes eléctricas por autopistas metálicas. Funciona, pero a cada bit que se desplaza se le cobra un peaje en energía y calor, y este se vuelve prohibitivo cuando se exige más velocidad. De ahí una de las grandes apuestas de la tecnología actual: mover información con luz no solo en las fibras ópticas de larga distancia, sino dentro y entre los propios chips.

El obstáculo aparece al intentar llevar esa idea al corazón de la microelectrónica. El silicio fabrica transistores y circuitos a una escala industrial sin rival, pero no genera luz de forma eficiente. Para producir luz al interior de un chip hacen falta materiales con otra física, como el arseniuro de galio (GaAs), la estrella de los láseres, los diodos emisores y los fotodetectores. La pregunta suena sencilla y es de las más difíciles de la fotónica: ¿cómo lograr que la plataforma industrial del silicio y el talento óptico del GaAs trabajen en un solo chip, al igual que dos piezas de una misma máquina?

El objetivo de este artículo es explicar, desde una perspectiva divulgativa pero físicamente fundamentada, por qué la unión de GaAs sobre silicio representa una ruta atractiva hacia los chips con luz incorporada, qué incompatibilidades la dificultan y qué estrategias se han propuesto para acercar ambos materiales dentro de una misma arquitectura. El argumento central es que integrar no equivale a apilar: entre el GaAs y el silicio existe un conjunto de tensiones cristalinas, térmicas, químicas y electrónicas que deben resolverse antes de que el dispositivo final pueda emitir luz con la calidad que las aplicaciones exigen.

El artículo recorre ese problema en etapas. Comienza con el contexto energético y tecnológico que hace urgente la fotónica integrada; continúa con un examen de las fortalezas y limitaciones del silicio frente a las ventajas ópticas del GaAs, y dedica su sección central a las tres incompatibilidades fundamentales entre ambos materiales: desajuste de red, expansión térmica diferencial y polaridad cristalina. A partir de ahí se presentan cuatro rutas de integración –capas de amortiguamiento, ingeniería de orientación y superficie, nanoestructuras y ensamblado híbrido– vinculadas cada una con los componentes ópticos que pueden habilitar. El artículo cierra con las aplicaciones potenciales y las conclusiones.

UN MUNDO QUE PIDE MÁS VELOCIDAD Y MENOS CALOR

La respuesta que persigue la industria es llevar la luz cada vez más cerca del chip. En las distancias largas hace décadas que confiamos en ella: la información que cruza océanos viaja a manera de pulsos de luz por fibras ópticas, no como electricidad por cables, porque la luz transporta enormes cantidades de datos con muy poca pérdida y casi sin calentarse. El reto actual es acercar esa ventaja al corazón del cómputo: entre servidores, entre tarjetas, entre procesadores e, idealmente, dentro de un mismo circuito.

Ese es el territorio de la fotónica integrada: fabricar sobre un chip los componentes capaces de generar, guiar, modular y detectar luz. En el fondo se trata de reconstruir en óptica un juego de herramientas igual que el que la electrónica ya domina, y hacen falta cuatro piezas: una fuente que produzca la luz –un láser o un diodo emisor–; guías de onda que la conduzcan por trayectorias grabadas en el propio material; moduladores que graben información sobre ella, variándola a gran velocidad y fotodetectores que la reciban y la traduzcan de vuelta a señales

eléctricas. De las cuatro, una se resiste: el silicio sabe guiar, modular y, hasta cierto punto, detectar luz; lo que no puede llevar a cabo bien es producirla. Y sin una fuente eficiente, las otras tres piezas se quedan sin nada que hacer. De ahí el interés en sumarle materiales del grupo III-V como el GaAs, que sí emiten luz de manera óptima (Liang y Bowers, 2010).

SILICIO: EL CAMPEÓN DEL COSTO, LA ESCALABILIDAD Y LA CONFIABILIDAD

El silicio hizo posible la era del microchip por una combinación casi irrepetible de virtudes. Es abundante hasta lo absurdo: se extrae de algo tan común como la arena y es el segundo elemento más frecuente de la corteza terrestre. Se purifica con un control extraordinario, grados de pureza que pocos materiales alcanzan. Forma de manera natural un óxido aislante casi perfecto –el SiO_2–, una especie de superpoder discreto que simplificó enormemente la fabricación de transistores. Y, lo más importante, alrededor de él se construyó una infraestructura industrial colosal, capaz de generar millones de dispositivos idénticos con calidad uniforme y a costos cada vez menores. El silicio es, sin duda alguna, el componente de la producción masiva.

Pensemos en un chip optoelectrónico como un robot de dos partes. El silicio es el chasis: el cuerpo robusto que lo sostiene todo y que, lejos de ser pasivo, hace el trabajo pesado –la lógica, el cómputo, el control– a una escala que ningún otro elemento iguala. Es fiable, se fabrica en serie y se "repara" con procesos bien conocidos. Lo que le falta es la mano fina capaz de una operación muy específica: producir luz.

Y esa carencia no es un capricho de ingeniería, sino de física. El silicio es un semiconductor de banda prohibida indirecta. En la práctica, eso significa que cuando uno de sus electrones cede energía para "caer" a un nivel inferior, debe satisfacer dos condiciones a la vez –de energía y de momento– que casi nunca coinciden. La consecuencia es que esa energía tiende a escaparse en forma de calor, no de luz. El silicio puede manipular la luz que recibe, pero generarla por sí mismo le resulta antinatural. Por eso fabricar un láser hecho solo de silicio sigue siendo enormemente difícil, y por eso la búsqueda apunta hacia un material que aporte justo la función que le falta.

GaAs: EL ESPECIALISTA EN LUZ Y VELOCIDAD

Si el silicio falla justo donde se le pide luz, el arseniuro de galio brilla precisamente ahí. El GaAs pertenece a la familia de los semiconductores compuestos III-V, y su diferencia clave con el silicio está en un detalle de su estructura electrónica: tiene una banda prohibida directa. Es el reverso exacto del problema que vimos. En el GaAs, un electrón puede caer a un nivel de menor energía y entregarla como un fotón sin necesidad de que "encajen" a la vez energía y momento; la coincidencia que en el silicio es rarísima, en el GaAs es la regla. Por eso transforma electricidad en luz con gran eficiencia, lo cual lo convierte en el material natural de los láseres, los LEDs y los fotodetectores (Del Alamo, 2011).

A esa virtud óptica suma otra: en el GaAs los electrones se mueven con más soltura que en el silicio, lo que lo hace idóneo para dispositivos de muy alta frecuencia. Luz y velocidad: de ahí su fama de especialista. De hecho, el GaAs ya forma parte de la vida diaria aunque rara vez lo

notemos –está en los amplificadores de radiofrecuencia de la mayoría de los teléfonos celulares, en los láseres de los enlaces ópticos de los centros de datos y en las celdas solares de alta eficiencia de muchos satélites–.

Pero el especialista cobra caro. El GaAs no es abundante y barato como el silicio, tampoco se fabrica en obleas de gran tamaño ni con procesos tan maduros. Generar un chip entero de GaAs sería comparable a construirlo todo con piezas de relojería: exquisito y, a escala industrial, inviable. De ahí la estrategia que ha guiado al campo durante décadas: no sustituir al silicio, sino sumarle el GaAs solo donde de verdad es necesario: ¡la fuente de luz!

Esa es, en una sola imagen, la idea que ha movido a la fotónica integrada: el silicio como chasis robusto y barato que hace el trabajo pesado, y el GaAs a manera de módulo óptico de precisión montado sobre él, encargado de generar la luz (figura 1).



Figura 1. El chip optoelectrónico como un robot de dos partes: el silicio es el chasis –robusto, fabricable en serie, a cargo de la lógica, el control y el cómputo–, mientras que el GaAs es el módulo especializado que aporta la herramienta óptica: generar luz (láser/LED) para la comunicación óptica. La interfaz entre ambos simboliza el reto central: hacer convivir materiales con propiedades mecánicas, térmicas y electrónicas distintas dentro de una misma arquitectura.

POR QUÉ NO EMBONAN: TRES INCOMPATIBILIDADES DE RAÍZ

Montar el módulo de GaAs encima del chasis de silicio no es un "atornillar y listo". El problema de fondo no es apilar un material sobre otro, sino lograr que dos cristales convivan pese a regirse por realidades internas distintas, como dos piezas fabricadas con especificaciones que nunca se pensó encajaran entre sí. La figura 2 reúne los tres choques que aparecen en esa unión: desajuste de red, expansión térmica y polaridad.

El desajuste de red: en un cristal, los átomos se ordenan formando una rejilla tridimensional regular. Para crecer bien un material sobre otro, ambas rejillas deberían tener espaciados casi idénticos. Los del silicio y el GaAs no lo son: difieren alrededor de un 4%. Suena a poco, pero a escala atómica es enorme. Significa que, más o menos cada 25 átomos, las dos rejillas dejan de coincidir por completo –parecido a dos peines de dientes ligeramente distintos que, tras un tramo corto, se desfasan–. Cuando una capa de GaAs intenta acomodarse sobre la del silicio, esa discrepancia genera tensión, y si esta se acumula, el cristal se relaja creando defectos, como dislocaciones, que degradan la emisión de luz y minan la confiabilidad del dispositivo (Li y Lau, 2017; Du *et al.,* 2022).

La expansión térmica: todos los materiales se dilatan con el calor y se contraen con el frío, pero no en igual proporción. El crecimiento de semiconductores ocurre a temperaturas altas; al enfriar la muestra, el GaAs y el silicio se contraen en medida diferente, lo que introduce esfuerzos en la interfaz, aunque las rejillas hubieran encajado a la perfección. Es el mismo principio del bimetal de un termostato: dos láminas distintas unidas que, al variar la temperatura, se doblan porque cada una "quiere" cam-

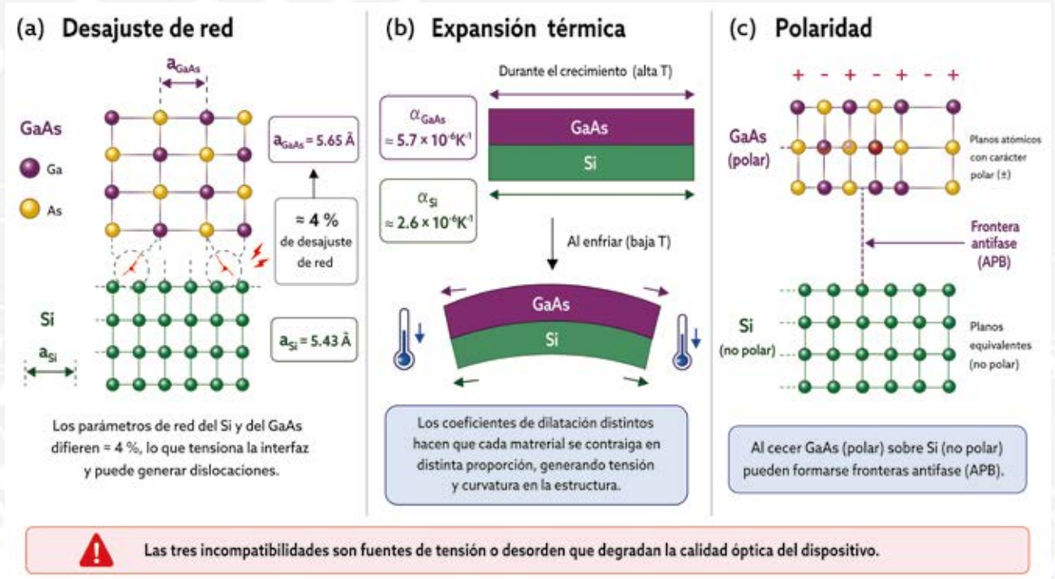


Figura 2. Las tres incompatibilidades entre GaAs y silicio. *(a)* Desajuste de red: los parámetros de red del Si y del GaAs (a_{Si} y a_{GaAs}) difieren alrededor de un 4%, lo que tensiona la interfaz y puede generar dislocaciones. *(b)* Expansión térmica: sus coeficientes de dilatación (α_{Si} y α_{GaAs}) son distintos, de modo que al enfriar tras el crecimiento cada material se contrae en distinta proporción. *(c)* Polaridad: al crecer GaAs (polar) sobre Si (no polar) pueden formarse fronteras antifase. Las tres son fuentes de tensión o desorden que degradan la calidad óptica del dispositivo.

biar de tamaño a su propio ritmo. En un chip, esa curvatura se traduce en grietas o en tensiones internas que se congelan en el material.

La polaridad: el GaAs está hecho de dos átomos diferentes –galio y arsénico– que no atraen a los electrones con la misma fuerza, así que la carga no se reparte de forma simétrica: el galio queda como un centro ligeramente positivo y, el arsénico, negativo. El silicio, formado por átomos todos iguales, no tiene esa alternancia: es no polar. El choque surge al crecer el GaAs, polar, encima del silicio, no polar. Conviene imaginar que el GaAs es un tablero de ajedrez en el que las divisiones deben intercalarse estrictamente galio-arsénico-galio-arsénico, colocado sobre un piso de silicio de casillas todas idénticas. Si en alguna región el patrón arranca "con el pie cambiado", dos zonas del tablero se encuentran fuera de fase, y en la costura aparece una frontera antifase: una línea donde la secuencia correcta se invierte. Esas fronteras actúan como defectos y estropean la emisión de luz y el transporte eléctrico. Por eso los primeros instantes del crecimiento –los primeros planos atómicos– son decisivos.

CUATRO MANERAS DE MONTAR EL MÓDULO SOBRE EL CHASIS

La integración GaAs/Si ha sido explorada por varias rutas que no compiten entre sí: cada una ataca un problema distinto. En el fondo hay dos filosofías: una insiste en hacer crecer el GaAs sobre el silicio pese a los tres choques –amortiguando la tensión, asentando bien la primera capa o encogiendo las piezas hasta que se acomoden–; la otra renuncia al crecimiento y, sin más, monta encima del chasis un módulo óptico ya fabricado. La tabla I las resume y la figura 3 las ilustra.

Tabla I. Rutas de integración GaAs/Si y su relación con dispositivos ópticos en chip.

Ruta de integración	Analogía divulgativa	Qué problema intenta resolver	Componentes que puede habilitar u optimizar
Capas intermedias y *buffers*.	Un amortiguador entre dos rejillas rígidas.	Absorben la tensión del desajuste de red y atrapan dislocaciones antes de que lleguen a la región que emite luz.	Láseres, LEDs, fotodetectores y capas emisoras de mayor calidad cristalina.
Ingeniería de orientación y superficie.	Asentar bien la primera capa desde el primer contacto.	Controla los primeros planos atómicos, reduce defectos de interfaz y ayuda a domar la polaridad.	Plantillas más limpias para fuentes de luz, detectores y circuitos optoelectrónicos.
Nanohilos y nanoestructuras.	Piezas pequeñas que se acomodan mejor que una placa entera.	Su geometría reducida permite relajar la tensión sin generar tantos defectos como una capa plana extensa.	Nanoemisores, fotodetectores compactos, sensores ópticos y estructuras para fotónica integrada.
Integración híbrida o heterogénea.	Montar sobre el chasis de silicio un módulo óptico ya fabricado.	Evita exigir un crecimiento epitaxial perfecto sobre toda la oblea y aprovecha dispositivos III-V ya optimizados.	Láseres integrados, amplificadores ópticos, transceptores, peines de frecuencia y sistemas fotónicos para centros de datos o LiDAR.

La ruta híbrida tiene incluso fecha fundacional. En septiembre de 2006, un equipo de UCSB dirigido por John Bowers, junto con Intel, presentó el primer láser híbrido sobre silicio bombeado eléctricamente: en lugar de pelearse con el crecimiento cristalino, pegaron un emisor III-V –fosfuro de indio, primo cercano del GaAs– directamente en una guía de onda de silicio, de modo que la luz nacía en el III-V y se acoplaba al silicio. Aquella prueba de concepto abrió la línea que hoy produce los dispositivos más avanzados del campo, a cambio de nuevos retos de alineación, empaquetado y manufactura (Roelkens *et al.*, 2010; Xiang *et al.*, 2022).

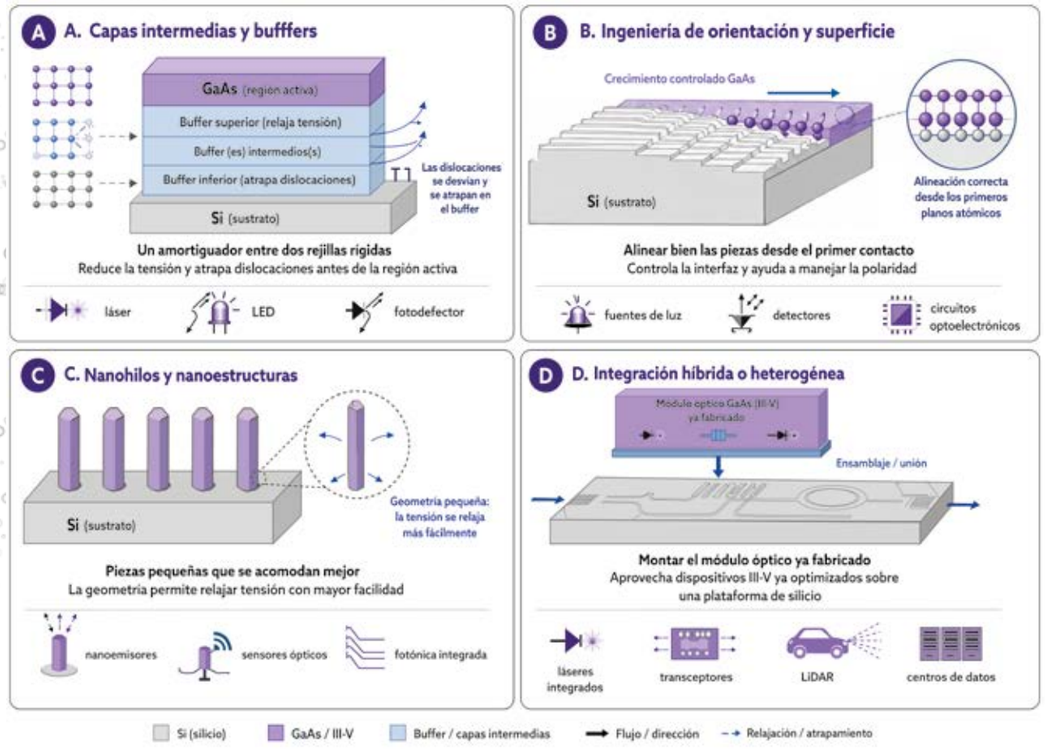


Figura 3. Rutas esquemáticas de integración GaAs/Si para dispositivos ópticos en chip. *(A)* Capas intermedias o buffers, que reducen la tensión y atrapan defectos; *(B)* ingeniería de orientación y superficie, que controla la interfaz y la polaridad; *(C)* nanohilos y nanoestructuras, que relajan la tensión mediante geometrías pequeñas, *(D)* integración híbrida o heterogénea, que monta módulos III-V ya fabricados sobre plataformas fotónicas de silicio.

Más allá de la ruta elegida, todas chocan con la misma pregunta práctica: ¿cómo conseguir una región que emita luz con la calidad cristalina, la eficiencia y la confiabilidad suficientes para sobrevivir dentro de un sistema real?

¿QUÉ SE GANA SI LO LOGRAMOS?

La motivación no es solo abaratar. El silicio ya fabrica barato y a gran escala; lo que la integración con GaAs añade es desempeño: más ancho de banda, menos calor y energía por cada bit transmitido, dispositivos más pequeños y funciones ópticas nuevas dentro del propio chip. Es, en el fondo, atacar de frente el cuello de botella con que abrimos: si mover información por cobre cuesta caro en energía y calor, hacerlo con luz puede costar una fracción.

El terreno más inmediato son las comunicaciones ópticas. Una fuente de luz integrada permite construir transceptores compactos –los dispositivos que traducen señales eléctricas a ópticas y de vuelta– sobre la misma plataforma que ya realiza el cómputo. Aquí, los centros de datos son el caso estelar: enormes volúmenes de información que deben viajar entre servidores gastando la menor energía posible. En lugar de depender de láseres externos y módulos separados, la idea es acercar el láser, la guía de onda, el modulador y el detector a un mismo chip –e incluso al mismo encapsulado que el procesador–. En términos llanos: cambiar parte del tráfico eléctrico por carriles de luz, dentro y entre los chips.

El sensado es otro frente prometedor. Integrar óptica en silicio abre la puerta a la espectroscopía en chip: un laboratorio diminuto que ilumina una muestra y lee su "huella" óptica con el fin de identificarla. Las aplicaciones van de la salud –análisis de aliento o de sangre– al monitoreo ambiental, la industria química o la seguridad. Y en cómputo y tecnologías emergentes, la fotónica integrada se explora para interconexiones de baja pérdida, procesamiento óptico de señales, LiDAR miniaturizado –el "ojo" láser de los coches autónomos– y plataformas compatibles con las comunicaciones cuánticas.

CIERRE: NO BASTA CON ATORNILLAR EL MÓDULO; ES CIENCIA DE MATERIALES EN ACCIÓN

Integrar GaAs sobre silicio no es un mero reto de empaquetado. Es un problema de compatibilidad cristalina, térmica, química y electrónica a la vez: hay que convencer a dos materiales con reglas internas distintas de convivir en una misma arquitectura sin que los defectos arruinen la función óptica. Por eso no lo resuelve una sola disciplina, sino el cruce de varias –ciencia de materiales, física de semiconductores, epitaxia, nanofabricación, diseño fotónico y manufactura avanzada–.

Cada especialidad aporta una capa de comprensión distinta. La ciencia de materiales revela qué ocurre en la frontera entre ambos cristales: cómo se acumula la tensión, cómo se forman los defectos y qué condiciones favorecen una interfaz estable. La física de semiconductores explica por qué el silicio procesa información con enorme eficiencia, pero no emite luz de forma natural, mientras el GaAs sí convierte electricidad en fotones. La epitaxia desarrolla estrategias para hacer crecer capas cristalinas con el mayor orden posible; la nanofabricación las transforma en dispositivos reales mediante patrones, contactos y estructuras de escala nanométrica. El diseño fotónico define cómo debe generarse, guiarse, modularse y detectarse la luz dentro del chip. La manufactura avanzada, finalmente, busca garantizar que todo eso no funcione solo en una muestra de laboratorio, sino en procesos reproducibles e integrables escala industrial.

La imagen del robot resume el desafío. El silicio es el chasis robusto que ya sostiene a la microelectrónica del planeta entero; el GaAs, el módulo de precisión capaz de generar luz con eficiencia. El arte completo radica en montar ese módulo sobre el chasis sin que se quiebre ni pierda su ventaja industrial. Si se consigue, los chips del futuro no solo procesarán información: también podrán comunicarla, medirla y manipularla con luz. No basta con atornillar el módulo al chasis: hay que entender, átomo por átomo, por qué se resisten a encajar.

CONCLUSIONES

El cuello de botella de las próximas décadas no será solo cuántos transistores caben en un chip, sino cómo construir arquitecturas híbridas que combinen cálculo, comunicación óptica, sensado y procesamiento de información sin desperdiciar energía ni generar calor. En ese escenario, casar electrónica y fotónica deja de ser una curiosidad de laboratorio para volverse una apuesta estratégica.

No hay una sola ruta ganadora; existe una familia de soluciones, y cada una responde a un problema distinto. Todas apuntan, sin embargo, a un horizonte semejante: chips más rápidos, eficientes y versátiles, capaces de brillar desde el corazón mismo de la tecnología de silicio.

REFERENCIAS

Del Alamo, Jesús. (2011). Nanometre-scale electronics with III-V compound semiconductors, *Nature*, 479(7373), 317–323, https://doi.org/10.1038/nature10677

Du, Yong, Xu, Buqing, Wang, Guilei, *et al.* (2022). Review of highly mismatched III-V heteroepitaxy growth on (001) silicon, *Nanomaterials*, 12(5), 741, https://doi.org/10.3390/nano12050741

Fang, Alexander, Park, Hyundai, Cohen, Oded, *et al.* (2006). Electrically pumped hybrid AlGaInAs-silicon evanescent laser, *Optics Express*, 14(20), 9203–9210, https://doi.org/10.1364/OE.14.009203

Gabbatiss, Josh. (2025, septiembre 15). AI: Five charts that put data-centre energy use and emissions into context, *Carbon Brief*, https://www.carbonbrief.org/ai-five-charts-that-put-data-centre-energy-use-and-emissions-into-context/

Horowitz, Mark. (2014). Computing's energy problem (and what we can do about it), *2014 IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers*, 10–14. https://doi.org/10.1109/ISSCC.2014.6757323

International Energy Agency. (2025). Energy and AI: World Energy Outlook Special Report, *International Energy Agency*, https://www.iea.org/reports/energy-and-ai

Li, Qiang, Lau, Kei M. (2017). Epitaxial growth of highly mismatched III-V materials on (001) silicon for electronics and optoelectronics, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 63(4), 105–120, https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2017.10.001

Liang, Di, Bowers, John. (2010). Recent progress in lasers on silicon, *Nature Photonics*, 4, 511–517, https://doi.org/10.1038/nphoton.2010.167

Miller, David. (2017). Attojoule optoelectronics for low-energy information processing and communications, *Journal of Lightwave Technology*, 35(3), 346–396, https://doi.org/10.1109/JLT.2017.2647779

Roelkens, Günther, Liu, Liu, Liang, Di, *et al.* (2010). III-V/silicon photonics for on-chip and intra-chip optical interconnects, *Laser & Photonics Reviews*, 4(6), 751–779, https://doi.org/10.1002/lpor.200900033

Xiang, Chao, Jin, Warren, Huang, Duanni, *et al.* (2022). High-performance silicon photonics using heterogeneous integration, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 28(3), 8200515, https://doi.org/10.1109/JSTQE.2021.3126124

Recibido: 16/02/2026
Aceptado:24/06/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

El chip que quiere brillar, GaAs sobre silicio: el camino hacia chips con luz integrada

RESUMEN

El silicio es el esqueleto de la microelectrónica moderna: abundante, económico y fabricable a escala industrial. Pero arrastra una limitación de origen: no emite luz de manera eficiente. El arseniuro de galio (GaAs), en cambio, posee una estructura electrónica que favorece la emisión óptica y permite construir láseres, diodos emisores de luz y otros dispositivos optoelectrónicos de alto desempeño. La fotónica integrada persigue un objetivo aparentemente sencillo: montar ese módulo que emite luz sobre el esqueleto de silicio, dentro de un mismo chip. La dificultad estriba en que ambos cristales se rigen por reglas internas distintas. Este artículo explica, mediante una analogía mecánica accesible y fundamentos físicos claros, por qué GaAs y silicio no embonan de forma natural –desajuste de red, diferencias de expansión térmica y polaridad del material– y revisa las principales rutas de integración (capas intermedias, ingeniería de orientación, nanoestructuras e integración híbrida) junto con los componentes ópticos que cada una habilita: láseres integrados, fotodetectores, guías de onda y transceptores. Lograr esta integración abriría la puerta a chips más rápidos y eficientes, capaces de comunicarse mediante luz, con impacto en centros de datos, comunicaciones, sensado y procesamiento de información.

Palabras clave: silicio, arseniuro de galio (GaAs), fotónica integrada, integración heterogénea, epitaxia III-V sobre silicio, láseres en silicio, optoelectrónica.

The Chip That Wants to Shine GaAs on Silicon: The Path Toward Light-Integrated Chips

ABSTRACT

Silicon is the backbone of modern microelectronics: abundant, inexpensive, and manufacturable at industrial scale. Yet it carries a built-in limitation: it does not emit light efficiently. Gallium arsenide (GaAs), by contrast, has an electronic structure that favors optical emission, enabling high-performance lasers, light-emitting diodes, and other optoelectronic devices. Integrated photonics pursues a deceptively simple goal: to mount that light-emitting module onto the silicon backbone within a single chip. The difficulty is that the two crystals obey different internal rules. Using an accessible mechanical analogy and clear physical foundations, this article explains why GaAs and silicon do not fit together naturally — lattice mismatch, thermal-expansion differences, and material polarity— and reviews the main integration routes (intermediate buffer layers, orientation engineering, nanostructures, and hybrid integration) together with the optical components each one enables: integrated lasers, photodetectors, waveguides, and transceivers. Achieving this integration would open the door to faster, more energy-efficient chips able to communicate with light, with impact on data centers, communications, sensing, and information processing.

Keywords: silicon, gallium arsenide (GaAs), integrated photonics, heterogeneous integration, III-V-on-silicon epitaxy, silicon lasers, optoelectronics.

Cuando la radiactividad se convirtió en moda

https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.139.538



Roberto Carlos López-Solís*
ORCID: 0009-003-0272-3026

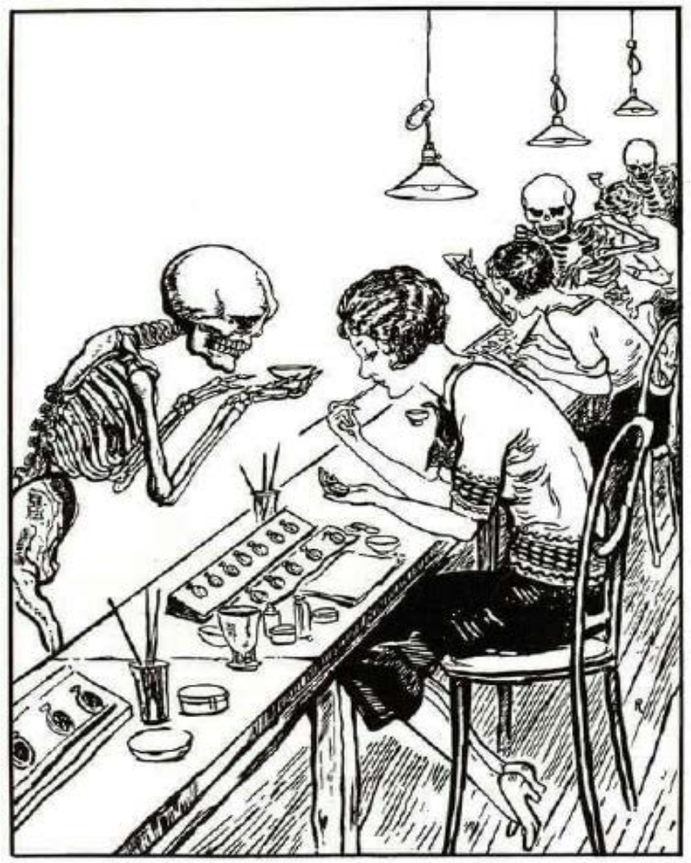
Luis Carlos Juárez-Martínez**
ORCID: 0009-0006-2494-1683

Alejandría Denisse Pérez-Valseca***
ORCID: 0000-0001-7254-2384

En 1898, Marie y Pierre Curie aislaron y clasificaron dos nuevos elementos químicos: el polonio (Po) y el radio (Ra) (Brues y Kirsh, 1977; Orci, 2013). Estos hallazgos tuvieron un impacto inmediato en distintas áreas del conocimiento, particularmente en la medicina, que ya había experimentado una transformación poco antes con el uso de los rayos X. El radio (Ra) es un elemento natural y radiactivo que, desde su descubrimiento, llamó la atención por sus propiedades inusuales. Su isótopo más común, el radio-226 (^{226}Ra), tiene una vida media de alrededor de 1,600 años; es decir, su actividad se reduce a la mitad en ese tiempo. Emite principalmente partículas alfa y, debido a su semejanza química con el calcio, puede acumularse en los huesos cuando ingresa al organismo. Existen numerosos ejemplos de productos a base de radio que se promocionaban como milagrosos o con supuestos efectos medicinales. En este artículo se describen tres de los mercados que, a juicio de los autores, resultan especialmente representativos: terapéuticos, cosméticos y alimentos.



* Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Ocoyoacac, México.
** Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.
*** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México.
Contacto: roberto.lopez@inin.gob.mx, ljuarezm@uach.mx, alepv@xanum.uam.mx



Artículos terapéuticos

Los efectos médicos de la radiación se observaron inicialmente de manera accidental. Henri Becquerel olvidó una fuente radiactiva en el bolsillo de su chaleco durante varios días y posteriormente notó una lesión similar a una quemadura en la piel debida a la radiación ionizante. Tal hallazgo fue reproducido y confirmado por otros investigadores, entre ellos Pierre Curie. Toda radiación ionizante es aquella que puede extraer electrones de átomos que conforman la materia, como en las células de un organismo, lo cual lesiona tejidos, por eso Bequerel y Curie notaron una quemadura en el área. Sin embargo, el daño depende del tipo de radiación y el medio que la absorbe, por ejemplo, una partícula alfa (entre otras, las emitidas por ^{226}Ra) no tiene la capacidad de penetrar más allá de las primeras capas de piel.

Debido a este efecto, los especialistas de la época vieron en dicho elemento una alternativa para tratar diversas enfermedades, y comenzó a utilizarse a manera de terapia en tumores que no respondían a los procedimientos disponibles (Genet, 1998). Aunque los resultados solo fueron parcialmente satisfactorios, los tratamientos a base de radio se generalizaron rápidamente. Las revistas médicas de aquellos años publicaron numerosos artículos dedicados a estudiar y documentar sus posibles efectos terapéuticos (Genet, 1998).

Además de su uso directo en terapias, el radio se hizo popular en productos dirigidos al consumo rápido, como alimentos y cosméticos, amén de dispositivos diseñados para uso continuo. Entre todos estos destacaron el radioendocrinador y el percolador de radio (ORAU, 2026a; Genet, 1998).

El primero consistía en una pequeña placa, similar en tamaño a una tarjeta, que contenía una fuente de radio encapsulada. Se colocaba sobre distintas partes del cuerpo, generalmente alrededor del pecho mediante un collar, y se promovía como tratamiento ante supuestas alteraciones endocrinas. Existía incluso una versión denominada *Scrotal Radioendocrinator*, que se utilizaba junto con un suspensorio para irradiar el área genital masculina con fines terapéuticos.

Por su parte, los percoladores eran recipientes con sales insolubles de radio. El usuario los llenaba con agua y la dejaba en contacto con el material radiactivo durante varias horas; posteriormente, el líquido se bebía y el contenedor se rellenaba para repetir el proceso al día siguiente. A pesar de la popularidad de este producto no existen indicios que sugieran algún efecto terapéutico.

Cosméticos

La popularidad de los tratamientos médicos con radio llevó a considerar que pequeñas dosis incorporadas en artículos de uso diario podrían ser benéficas a largo plazo, lo que dio origen a una línea de cosméticos con contenido radiactivo.

Aunque hoy resulta poco común imaginar el uso de productos en cuyos ingredientes se encuentren elementos radiactivos, a principios del siglo XX diversas compañías, como las francesas Tho-Radia y Ramey, o las británicas Artes y Radior (Diaz-Diaz *et al.*, 2020), desarrollaron y comercializaron artículos de belleza que incluían radio en su formulación, entre otros, se encontraban cremas para la piel, polvos faciales, jabones, lociones capilares, pasta dental y sales de baño.



Alimentos

Al igual que los cosméticos, también se distribuyeron alimentos y bebidas que contenían radio. El caso más conocido es el Radithor (cuyo inventor es el mismo del radioendocrinador), un líquido energético elaborado con agua destilada y pequeñas cantidades de radio disuelto. Se promocionaba como remedio para diversos padecimientos: dolores de cabeza, trastornos mentales, diabetes, anemia, estreñimiento y asma (Prisco, 2020).

Radithor se produjo entre 1918 y 1928 y generó controversia tras la muerte del empresario y figura pública Eben Byers en 1932, quien consumía varias botellas al día y durante años presentó efectos asociados a la exposición prolongada al radio (Brues y Kirsh, 1977; Genet, 1998). Es importante destacar que los costos de refinación de este llevaron a que dichos productos no fueran alcanzables para el ciudadano común, por decir algo, un frasco de Radithor costaría alrededor de 16 USD el día de hoy.

La incorporación de radio en alimentos fue tan popular que aun algunos artículos que no lo contenían sugerían lo contrario. Un ejemplo es la mantequilla "Radium Brand Creamery Butter", manufacturada por Nucla Creamery (de Nuclea, Colorado). No existe evidencia de que incluyera radio en su composición; sin embargo, el uso del término "Radium" en su nombre buscaba asociarlo con la modernidad y el prestigio científico de la época (ORAU, 2026b).

Estos productos se comercializaron en Estados Unidos sin restricciones hasta 1938, cuando la Ley de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos prohibió el uso de empaques con afirmaciones engañosas.



Gracias a regulaciones más estrictas que exigían a los fabricantes presentar pruebas científicas que demostraran la seguridad de sus productos y restringían el etiquetado con declaraciones falsas o inexactas, como los supuestos beneficios del radio. Tal endurecimiento en la legislación limitó considerablemente la promoción de artículos radiactivos, aunque algunos continuaron circulando incluso en la década de 1960. Este simple acto de severidad legal aplicable nos muestra la importancia de una adecuada regulación en temas como la energía nuclear. En México, el encargado de emitir estas normas es la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS).

CONSIDERACIONES FINALES

Aunque no existían pruebas que respaldaran los beneficios que se les atribuían a los productos con radio, tampoco sus efectos negativos eran inmediatos o suficientemente evidentes para justificar su prohibición, resultando en una zona gris que permitió su existencia.



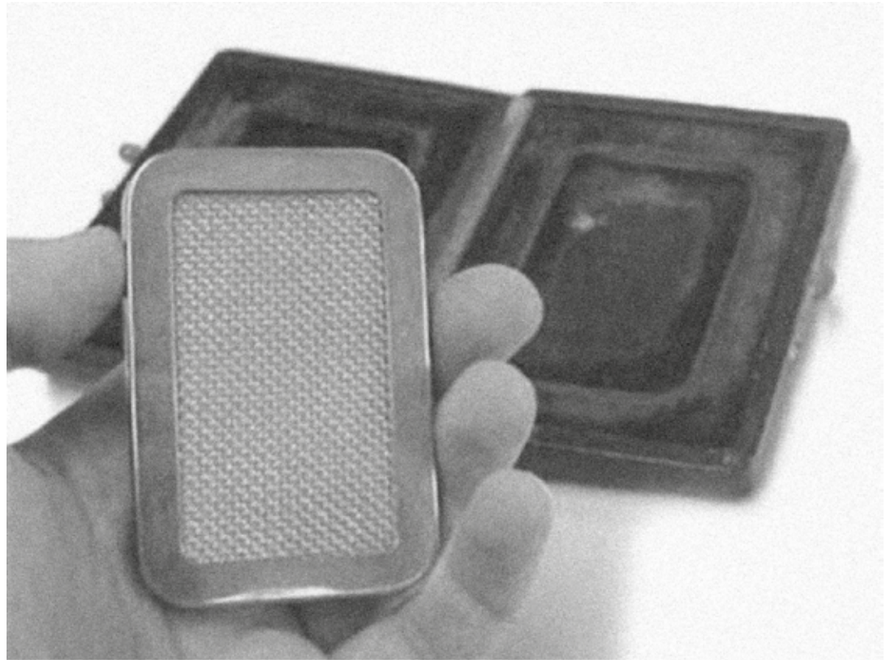


Figura 1. Radioendocrinador.

Con el tiempo se hizo palpable que el uso indiscriminado del radio y otros elementos radiactivos en tratamientos médicos y objetos de uso cotidiano tuvo consecuencias graves, incluidas muertes directas e indirectas, tanto por el uso de estos productos como por su fabricación. Sin embargo, resulta difícil establecer una cifra definitiva. Tal incertidumbre se debe, entre otras razones, a que no siempre es posible atribuir un fallecimiento exclusivamente a la exposición al radio, pues pudieron intervenir padecimientos previos o diversas causas médicas. Aunque algunas fuentes sugieren que el número total podría ascender a varios miles (Moore, 2018), dichas estimaciones deben interpretarse con cautela. Como ejemplo de esta dificultad, un estudio de 1971 examinó a 5,000 pacientes con sospecha de incorporación interna de radio y confirmó su presencia en poco menos de 2,000, incluidos individuos que se encontraban en relativamente buen estado de salud (Brues y Kirsh, 1977).

La radiación forma parte de la vida diaria y no debe provocar un temor irracional. El riesgo aumenta cuando el radio entra al organismo, por ejemplo, al ingerirse y acumularse en los tejidos; precisamente lo que ocurrió al añadirlo a alimentos, bebidas y cosméticos. A principios del siglo XX, la escasa regulación sanitaria, la falta de evidencia científica y el limitado pensamiento crítico favorecieron la difusión de estos productos milagro, como los mostrados en este artículo.

DEFINICIONES Y NOTAS

- Radiación ionizante: partículas o radiación electromagnética capaz de alterar átomos y moléculas al interactuar con ellas.
- Radiactividad: fenómeno físico y nuclear donde núcleos atómicos inestables pierden energía de manera espontánea al desintegrarse. Durante este proceso, emiten partículas o radiación electromagnética (rayos X o rayos gamma).
- Radionúclido: átomo con un núcleo que libera energía en forma de radiación al transformarse.
- Radiotoxicidad: es la capacidad de un radionúclido de causar daño a un organismo al ser absorbido por él.
- La exposición puede ser externa, si la fuente está fuera del cuerpo, o interna, si el material radiactivo se inhala, ingiere o entra por una herida.

REFERENCIAS

Brues, Austin, Kirsh, Israel. (1977). The Fate of Individuals Containing Radium, *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 211-218.

Díaz-Díaz, Rosa, Garrido-Gutiérrez, Carolina, Maldonado-Cid, Paola. (2020). Cosméticos radioactivos. La belleza "radiante", *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 863-865.

Genet, M. (1998). Radium: a miracle cure! *Radiation Protection and Dosimetry*, 1-4.

Moore, Kate. (2018). *The Radium Girls: The Dark Story of America's Shining Women*, Naperville, USA, Sourcebooks Incorporated.

ORAU Museum of Radiation and Redioactivity. (2026a). *The Radiendocrinator* (ca. 1924-1929), https://orau.org/health-physics-museum/collection/radioactive-quack-cures/radioactive-pads/radiendocrinator.html

ORAU Museum of Radiation and Redioactivity. (2026b). *Radium Brand Butter Carton* (ca. 1930s), https://orau.org/health-physics-museum/collection/brands/radium-butter.html

Orci, Taylor. (2013). How We Realized Putting Radium in Everything Was Not the Answer, *The Atlantic*, https://www.theatlantic.com/health/archive/2013/03/how-we-realized-putting-radium-in-everything-was-not-the-answer/273780/

Prisco, Jacopo. (2020). When beauty products were radioactive, *CNN*, https://edition.cnn.com/style/article/when-beauty-products-were-radioactive/index.html

Recibido: 03/10/2025
Aceptado: 15/04/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.

Cuando la radiactividad se convirtió en moda

RESUMEN

A finales del siglo XIX, el hallazgo y refinamiento de ciertos materiales con propiedades nunca antes vistas impulsó a la sociedad a utilizarlas en su vida diaria incluso sin comprender totalmente sus efectos. Así nació una tendencia de incluir compuestos de radio y torio en artículos de uso cotidiano y en tratamientos médicos, con consecuencias no previstas: numerosos casos de enfermedad y muerte asociados a la exposición prolongada a estos materiales radiactivos. Este artículo ofrece, de manera imparcial, una breve descripción del surgimiento y declive de esta tendencia.

Palabras clave: radio, radiación, radiactividad, envenenamiento por radiación, radiotoxicidad.

When radioactivity became a fashion

ABSTRACT

At the end of the nineteenth century, the discovery and refinement of certain materials with previously unseen properties led society to use them in daily life, even without fully understanding their effects. Thus emerged a trend of incorporating radium and thorium compounds into everyday products and medical treatments, with unforeseen consequences: numerous cases of illness and death associated with prolonged exposure to these radioactive materials. This article offers an impartial brief account of the rise and decline of this trend.

Keywords: radium, radiation, radioactivity, radiation poisoning, radiotoxicity.

Cadenas de enseñanza y aprendizaje. El “suministro” del doctor Benito Sánchez Lara a la formación de los ingenieros

María Josefa Santos-Corral*

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



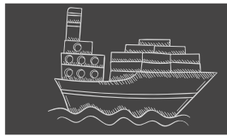
Benito Sánchez Lara es ingeniero químico por la Universidad Autónoma de Puebla y obtuvo los grados de maestría y doctorado en Ingeniería de Sistemas (Planeación) en el Programa de Posgrado en Ingeniería de la UNAM. Es profesor de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial donde imparte, a nivel de posgrado, cursos sobre sistemas, planeación y transporte.

Ha incursionado en diferentes líneas de trabajo e investigación, pero recientemente se ha centrado en la caracterización y funcionamiento de las cadenas de suministro, en particular aquellas denominadas cadenas inversas enfocadas en la valorización de residuos sólidos urbanos. Sobre este tema ha publicado artículos, capítulos de libro y ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Actualmente administra un proyecto de investigación y vinculación con el apoyo de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti), orientado al manejo de residuos en la cuenca del río Lerma.



¿En qué circunstancia descubre su vocación por la ingeniería?

En la secundaria me gustó la química por cómo me la enseñó un profesor. Cuando ingresé a la licenciatura opté por ingeniería química, asumiendo que encontraría un fuerte componente de química, pero me di cuenta de que el enfoque era más hacia la ingeniería, lo cual no me desagradó, me fue fácil adaptarme a las materias de esa área. Por dicha circunstancia llegué a la ingeniería. Al pasar los semestres descubrí que combinar la química y la ingeniería fue la mejor opción. Con la ingeniería obtuve una formación más robusta en física y matemáticas.



¿Cómo llegó a interesarse en las cadenas de suministro?

Como muchas de las cosas en la vida, uno va tomando oportunidades. En 2012 me invitaron a formar una asociación sobre logística y cadenas de suministro, de lo que en ese momento no sabía tanto. Fue mi formación en sistemas y planeación lo que me permitió entender y adentrarme en ese campo disciplinario nuevo para mí.



¿Cómo contribuye la ingeniería al análisis y apuntalamiento de las cadenas de suministro?

Muchas de las disciplinas asociadas a las cadenas de suministro las estudian y diseñan a partir del entendimiento de las transacciones comerciales, los negocios internacionales y la comercialización. Desde la ingeniería se abona al análisis de las cadenas de suministros observando los flujos de información y de mercancías. Estos permiten identificar los eslabones que las constituyen, pero siempre teniendo en mente que una cadena de suministros es un sistema que no se puede reducir a las partes.

Un segundo aporte desde la ingeniería es la cuantificación o parametrización de variables determinantes del comportamiento de las cadenas. Muchos problemas en estas se resuelven conociendo qué hay, qué no hay, qué funciona y cómo lo hace. Saberlo facilita identificar dónde incidir, mejorar, optimizar y cambiar las cosas.



¿Qué ha impulsado el doctor Sánchez Lara desde la Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro?

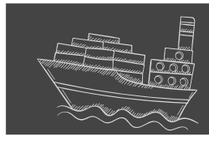
Como mencioné, la Asociación Mexicana de Logística y Cadenas de Suministro (AML) me abrió las puertas a un nuevo campo de conocimientos. Empecé a colaborar en 2012 y entre 2018 y 2019 fui presidente. Durante mi dirección impulsé la participación de grupos estudiantiles, llamados capítulos al interior de la AML. Mi intención fue difundir, vincular y ampliar el área de saber entre jóvenes alumnos interesados.

En la actualidad, muchas instituciones tienen carreras sobre logística y cadenas de suministro, algunas no llevan ese nombre, aunque tratan estos temas, por ello es propicio crear capítulos estudiantiles. Ahora funjo como coordinador de capítulos y es grato ver cómo se integran las diferentes licenciaturas. Las cadenas de suministro cada vez más se abordan desde otras aristas, entre ellas los procesos industriales.



¿Como ha armado su red de investigación?

Aunque a veces digo que soy antisocial, no es cierto, en realidad me gusta interactuar y colaborar con distintas personas, especialistas con experiencia en temas diferentes a los que yo conozco, esa es la razón de haber ampliado mi red. Cuando me invitan a involucrarme en programas o actividades, no soy de los que dice no, muchas veces digo sí, cada proyecto implica un reto y un compromiso que me enriquece. La mayoría de las ocasiones participo simplemente por gusto, por interés y eso va abriendo camino y abonando a la red de contactos, personas y claro, amigos.



¿Cómo le ha hecho para crear equipos de trabajo y cómo se dividen las labores?

Los equipos de trabajo están integrados por estudiantes de distintos niveles académicos. Justo ahora estoy coordinando un proyecto en el que participan alumnos de doctorado, maestría y licenciatura, con diferentes propósitos e intereses. Algunos lideran y contribuyen de acuerdo con su

perfil y con lo que quieren llevar a cabo. Es decir, abonan desde sus disciplinas, donde se ubiquen ellos mismos y se sientan más cómodos, por supuesto.

Hay muchachos que son el soporte de las investigaciones. Les toca hacer la parte analítica, no por eso su esfuerzo y labor es menor. El concepto bajo el que trabajamos en los grupos es el de comunidad de práctica, esto es, una comunidad constituida desde el valor compartido de las personas que la integran. El interés común facilita la colaboración.

También, los miembros de los programas ganan de cierta manera, es decir, procuro que algunos se involucren haciendo sus tesis usando los datos del proyecto. La información está abierta a los participantes. Así, se logra su interés, obtienen nuevos conocimientos y se benefician titulándose u obteniendo reconocimiento por su tarea, doble utilidad para los muchachos.

Algo grato que me sorprendió al leer los formatos del servicio social es que ellos describen las ventajas del programa más allá de lo que ven en sus cursos. A partir de su asistencia a los proyectos descubren y aprenden cosas que superan lo estudiado hasta entonces en su formación escolar, esto me llena de satisfacción, parece que su participación tiene una incidencia fuerte en su proceso formativo.



¿Qué le ha dado la UNAM al doctor Sánchez Lara y usted qué le ha dado a la UNAM?

La UNAM me ha puesto en charola de plata los recursos para mi formación, con ello he obtenido ganancias en reconocimiento y privilegios como docente y académico. He sabido aprovechar lo que la UNAM brinda. En correspondencia ofrezco a la UNAM mi labor universitaria de la manera más seria posible. A veces los estudiantes me agradecen el apoyo que les doy, les respondo diciendo que yo soy profesional, me pagan por hacer mi trabajo.

Más que motivación o vocación hay compromiso. Siendo sincero, en mi juventud nunca me pasó por la mente la docencia; sin embargo, aquí estoy. Empecé a dar clases cuando estaba en el doctorado. Tampoco pensé ser académico en la universidad, no tenía esa meta, pero aquí estoy, muy contento y satisfecho con lo que hago.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Aquí está. Pues muchísimas gracias, Dr. Benito Sánchez Lara.

Cadenas de enseñanza y aprendizaje. El “suministro” del doctor Benito Sánchez Lara a la formación de los ingenieros

RESUMEN

La trayectoria académica del doctor Sánchez Lara se vincula a la aplicación de la ingeniería en la solución de problemas sobre cadenas de suministro. En esta área ha impulsado la incursión de estudiantes, quienes, desde distintas disciplinas y trabajando bajo el sistema de comunidad de práctica, pueden aportar al análisis y solución de problemas de las cadenas de suministro, a la vez que se forman en este campo del conocimiento.

Palabras clave: cadenas de suministro, comunidad de práctica, optimización logística.

Teaching and learning chains. The “supply” of Dr. Benito Sánchez Lara to the training of engineers

ABSTRACT

Dr. Sánchez Lara’s academic career is linked to the application of engineering to solving supply chain problems. In this area, he has encouraged students from diverse disciplines, working within a community of practice systems, to contribute to the analysis and resolution of supply chain issues while simultaneously developing their expertise in this field

Keywords: supply chains, community of practice, logistics optimization.



Ciencia para la sostenibilidad

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

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

La actividad científica como ocupación es distintiva del ser humano. Esta se convierte en campo práctico de la investigación que se erige en un pensamiento social que fortalece la conciencia de los individuos, fomenta el conocimiento de la naturaleza, en sus múltiples magnitudes, y sus intrincadas interrelaciones. Dicha acción científica, desde diferentes perspectivas culturales, puede desarrollarse de manera distinta con intervenciones que se sujetan a las capacidades dialécticas de quienes la llevan a cabo. Por lo cual se observa una vinculación de los procesos naturales y sociales. En este último aspecto sobresalen los valores de justicia social e inclusión de todas las personas en el contexto de la sostenibilidad (Martínez-Alier, 2001).

Adentrarse en una ciencia para la sostenibilidad conlleva pensar y realizar acciones científicas que se opongan a la actividad hegemónica actual de practicar un desarrollo económico que se caracteriza por una franca explotación del entorno a gran escala, que cuenta, además, con políticas orientadas a la expoliación de los recursos naturales (Klare, 2008). Ejercicio que trastornará y perturbará en el futuro el cumplimiento de las funciones colectivas y ecosistémicas que efectúan los recursos naturales. Este movimiento científico para la sostenibilidad aspira a promover una actividad que permita inscribir las bases de un nuevo sistema social que ayude a enmendar y abordar las eventualidades de la degradación ambiental e inseguridad que coexisten.

Particularmente, por la preocupación creciente debida al cambio climático que se ha convertido en un desafío ecológico por la implementación de las actividades productivas del ser humano. Por ello, en el contexto internacional brota la necesidad de enlazar los propósitos de investigación científica a los del desarrollo sostenible, con el objetivo de armonizarlos (Jiménez-Munive *et al.*, 2022). Así, esta ciencia para la sostenibilidad se contempla como un agente con trascendencia histórica, creciente y transformable que conserva en su esencia los preceptos del desarrollo sostenible.

Por consiguiente, en este artículo nos centraremos en comprender qué es la ciencia y el marco en que se desenvuelve en el desarrollo sostenible al contar con precedentes orientadores, para posteriormente concluir con algunas consideraciones finales.

¿QUÉ ES LA CIENCIA?

La ciencia es un conjunto de saberes y conocimientos que se logran y obtienen mediante la observación, la experimentación y el uso del método científico para describir y explicar todo aquello que acontece en el entorno natural y en el mundo social en que nos desempeñamos (Bunge, 2014). Por esta razón es el artificio más complejo jamás creado por la humanidad, el cual cuenta con connotaciones cognitivas universales. Su fundamento se halla en crear modelos que provoquen una visión objetiva y demostrable de la realidad, además de emplear ese saber en la solución de dificultades en ámbitos económicos, sociales y ambientales, y establecer un mejor porvenir. Para tal efecto, Cantú-Martínez (2010:6) asevera:

> La ciencia se constituye como la principal forma de generar conocimiento, y desempeña una función trascendente en nuestra sociedad, a través de su primordial actividad: la investigación científica, con lo cual proporciona las bases de las creencias y el criterio de certidumbre de las colectividades

Por otra parte, Ziman (2003) la contempla, en su esfera temporal, como aquella que nos permite remontarnos a escenarios históricos para darnos cuenta del desarrollo y avance del ser humano acompasado con las permutaciones en el ámbito natural, que adicionalmente se recrea y extiende en la vida cotidiana en el presente. Asimismo, advierte: "La tecnología es ciencia en aplicación: [y] la ciencia en acción es investigación. Esto indica un marco en la dimensión de la práctica" (Ziman 2003: 25).

En dicha sentencia se observa que su construcción es una exploración paulatinamente minuciosa y sistemática en aras de conseguir el fin último que es mejorar la condición de vida de las personas, ya que siempre se ha previsto su función social para satisfacer las necesidades más apremiantes del ser humano. Esta se puede advertir en las contribuciones en el área de la salud y en la búsqueda del bienestar general. Acorde con lo antes expresado, el desarrollo científico y tecnológico es uno de los elementos más omnipresentes y eficaces que rigen hoy en día la sociedad moderna.

Dicha ciencia es tan inestimable que algunos gobiernos, empresas trasnacionales y colectividades intentan apropiarse de ella para sus fines particulares y privativos. De ahí que Huerga-Melcón (2006: 1) advierta que:

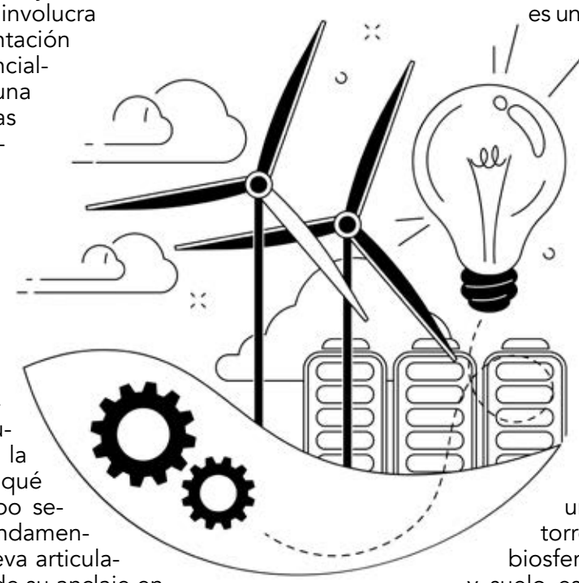
> a pesar de que sólo en el siglo XX podemos decir que las ciencias se han encarnado en la sociedad de manera prácticamente universal (aunque esta universalidad no significa que dicha encarnación haya sido justa, igualitaria, proporcionada, etcétera, sino, tal vez, todo lo contrario) encontramos a lo largo de la historia distintas teorías acerca del valor social que debería cumplir la ciencia.

Por tal motivo, además, se hace palpable en la actualidad una experiencia científica mayormente individual que no trasciende lo grupal y con esto no surgen manifestaciones de cambios cualitativos con propensión colectiva. Es de esta forma que se extravía su rol primordial que apunta al mejoramiento de las condiciones de vida y del entorno, es decir, de su papel social (Vizioli *et al.*, 2024). Desde otro punto de vista, gran parte de la crisis civilizatoria que padecemos es producto, si bien de un modelo socioeconómico, también del desarrollo tecnocientífico que subvalora a la naturaleza, por lo tanto, se hace pertinente una ciencia para la sostenibilidad.



CIENCIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El concepto de sostenibilidad se establece en la comprensión de la complejidad ambiental, que promueve una tregua con mayor entendimiento de la relación dialéctica existente entre el ser humano y la naturaleza. Instituida en un nuevo orden social y económico, que también involucra una profunda reorientación de la ciencia. Esencialmente pretende una reconfiguración de las maneras de coexistir, que requiere una moderna conciencia social que redireccione las acciones gubernamentales e institucionales en el ámbito internacional.



Entre estas iniciativas se puede aludir la ciencia para la sostenibilidad. ¿En qué consiste dicho campo semántico? Reside fundamentalmente en una nueva articulación de la ciencia y de su anclaje en los principios de la ecología y la diversidad cultural. Este enfoque pretende aprovechar las aportaciones de la investigación en ciencia y tecnología con el fin de encontrar maneras de lograr los objetivos del desarrollo sostenible (Berdoulay y Soubeyran, 2014). En tal correspondencia, contamos con trabajos pioneros que han sentado las bases de la ciencia para la sostenibilidad, entre estas aportaciones orientadoras se hallan las siguientes:

Ecología de la mente

Noción elaborada por Gregory Bateson (1972), la cual considera que cualquier grupo de eventos y hechos que surja en derredor de un individuo es sumamente complicado e intrincado, debido a las conexiones de causa y efecto que interactúan con este energéticamente. Pero también asegura que tales vínculos tendrán características que se juzgan inicialmente como mentales. Con esto advierte que la mente es un sistema necesariamente complejo e interconectado que se proyecta y deriva hacia el ámbito natural y social que le circunda.

Teoría de Gaia

Argumento determinado por James E. Lovelock (1972), que traza la revolucionaria idea de que la vida en la Tierra funciona como un único organismo autorregulado, en el cual la biosfera, atmósfera, océanos y suelo están integrados. De tal manera que esta unificación se ha conservado activamente con el fin de sostener las circunstancias más estimables que promueven la vida, donde se destaca el enfoque holístico. Se enfatiza, además, que la existencia misma averigua cómo abrirse paso a las renovaciones y perturbaciones que se dan en ella, fijando y manteniendo condiciones adecuadas para subsistir y afirmarse como un sistema cohesionado, estable y que persiste a lo largo del tiempo.

Ecología profunda

Proposición generada por Arne Naess (1973) que hace hincapié en que las normas o pautas ecológicas no deberían centrarse solo en situaciones como la contaminación y el consumo de recursos. Hay cuestiones y escenarios igual o más importantes en las que pensar, entre esas encontramos el cómo asegurarnos de que contemos con una diversidad biológica, mantener el equilibrio y una estabilidad biosférica e impulsar la capacidad de coexistir y cooperar para dejar que los sistemas naturales y sus comunidades tomen sus propias providencias.

Ecología social

Postura determinada por Murray Bookchin (1982), la cual indica que la sociedad actual y la crisis ambiental están conectadas. Es decir, los problemas que enfrentamos con el entorno en realidad comienzan en las eventualidades sociales. En particular, es censurable observar relaciones de poder y control entre las personas y los colectivos. Condición que se constituye en la raíz de la verdadera causa de las dificultades ecológicas, donde han trascendido los incidentes demenciales y caóticas del ser humano.

El pensamiento complejo

Esta propuesta de Edgar Morín (1992) establece que necesitamos una nueva forma de comprender y organizar el conocimiento. Tal cambio significa usar un tipo de pensamiento que genere un ciclo de retroalimentación en un espacio donde las concepciones de la realidad se mantienen unas a otras. Esto concurre cuando se piensa en cosas que son opuestas, pero también se complementan e integran, tan equivalente al todo y el fragmento, al orden y el caos, o bien con lo que acontece con los elementos y el sistema. Así, este direccionamiento del pensamiento científico desafía la forma en que la ciencia a menudo separa y simplifica las cosas.



La trama de la vida

Tesis encauzada por Fritjof Capra (1996) en la cual hace referencia a un cambio radical de paradigma en la ciencia y la asimilación del mundo, transitando de una visión mecanicista a una sistémica, ecológica, interrelacionada y con transformaciones dinámicas. La trama de la vida señala que es evidente que los principales inconvenientes contemporáneos no pueden ser percibidos y comprendidos aisladamente, advirtiendo que estos están interconectados y son, además, interdependientes.

Como se ha podido observar, las perspectivas anteriores nos dan la pauta conceptual de manera esencial de cómo se debe entender la naturaleza de la vida y la interrelación existente entre los sistemas naturales y el desarrollo del ser humano para alcanzar una estructura basada en la sostenibilidad.

CONSIDERACIONES FINALES

Finalmente, la ciencia para la sostenibilidad es un dominio de estudios transdisciplinarios y encaminados a la acción, cuyo propósito es conocer y comprender la intrincada relación dinámica entre los sistemas humanos y ecológicos. Con un objetivo particular: desarrollar medios y soluciones prácticas en aras de obtener un futuro sustentable. Integra holísticamente las ciencias naturales, sociales y económicas con el fin de abordar complejas eventualidades del escenario existente de la vida para generar cambios colectivos positivos.

REFERENCIAS

Bateson, Gregory. (1972). *Steps to an ecology of mind: Collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology*, Jason Aronson.

Berdoulay, Vincent, Soubeyran, Olivier. (2014). Adaptation, science de la durabilité et pensée planificatrice, *Natures Sciences Sociétés*, 22, 114-123.

Bookchin, Murray. (1982). *The Ecology of Freedom. The Emergence and Dissolution of Hierarchy*, Ed. Cheshire Books.

Bunge, Mario. (2014). *La ciencia, su método y su filosofía*, Ed. Sudamericana.

Cantú-Martínez, Pedro C. (2010). Ciencia y conciencia humana, *Ciencia UANL*, 13(1), 6-10.

Capra, Fritjof. (1996). *The Web of Life, NY*, Anchor Books.

Huerga-Melcón, Pablo. (2006). La función social de las ciencias. Notas sobre las cuatro modulaciones básicas del concepto de ciencia de Gustavo Bueno y su despliegue histórico, *Nómadas*, 13, 1-25.

Jiménez-Munive, José M., Luna-Nemecio, Josemanuel, Jiménez-Munive, Cayetano. (2022). Empoderamiento social y organizacional como un modelo de investigación para alcanzar la sustentabilidad, *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 34(1), 138-145.

Klare, Michael T. (2008). *Planeta sediento, recursos menguantes: la nueva geopolítica de la energía*, Ed. Tendencias.

Lovelock, J.E. (1972). Gaia as seen through the atmosphere, *Atmospheric Environment*, 6(8), 579-580, https://doi.org/10.1016/0004-6981(72)90076-5

Martínez-Alier, Joan. (2001). Justicia ambiental, sustentabilidad y valoración. Ecología Política, *Cuadernos de Debate Internacional*, (21), 103-134. https://portalrecerca.uab.cat/es/publications/justicia-ambiental-sustentabilidad-y-valoraci%C3%B3n/

Morín, Edgar. (1992). From the concept of system to the paradigm of complexity, *Journal of Social and Evolutionary Systems*, 15(4), 371-385, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/1061736192900248

Naess, Arne. (1973). The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movements: A Summary, *Inquiry*, 16, 95-100.

Viziolí, Nicolás A., Milicich, Federico, Rozas, Lara L., *et al.* (2024). ¿Qué es ciencia y qué no lo es? Panorama actual del problema de la demarcación científica, *Perspectivas Metodológicas*, 24 (28), 1-10, https://doi.org/10.18294/pm.2024.4615

Ziman, John. (2003). *¿Qué es la ciencia?*, Cambridge University Press.

Descarga aquí nuestra versión digital.

Ciencia para la sostenibilidad

Science for sustainability

RESUMEN

Forjar el conocimiento científico es algo que solo los humanos consiguen llevar a cabo. Esta actividad se concibe como una exploración donde aprendemos sobre el mundo que nos rodea y cómo se conecta todo pertinentemente. Al investigar, nos volvemos más conscientes del entorno y entendemos mejor la naturaleza y nuestras actuaciones. Así, advertimos la manera en que la naturaleza y la sociedad están incorporadas, y eso se hace ostensible mayormente mediante las actividades científicas. Por ello, nos adentraremos en qué es la ciencia y los antecedentes orientadores de una ciencia para la sostenibilidad.

Palabras clave: sostenibilidad, ciencia, ciencia para la sostenibilidad, actividad científica.

ABSTRACT

Forging scientific knowledge is something that only humans can do. This activity is conceived as an exploration where we learn about the world around us and how everything is pertinently connected. By researching, we become more aware of our surroundings and better understand nature and our actions. Thus, we notice how nature and society are incorporated, and this is made evident mainly through scientific activities. Therefore, we will delve into what science is and the guiding background of a science for sustainability.

Keywords: sustainability, science, science for sustainability, scientific activity.

IMAGINARIA

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

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

UANL UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

VISIÓN UANL 2040

DI DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

COLABORADORES

Abraham Luna Castellanos
Licenciado en Física por la BUAP. Doctor en Astrofísica y maestro en Ciencias por el INAOE. Autor de diversos artículos de investigación y material didáctico. Director de tesis de licenciatura y posgrados. Líneas de investigación: medio interestelar, polarización y enseñanza de las ciencias. Divulgador de las ciencias y miembro del SNII, nivel II.

Alejandría Denisse Pérez Valseca
Doctora en Ciencias (Energía y Medio Ambiente) por la UAM Unidad Iztapalapa. Profesora-investigadora visitante en el Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica de la UAM-I. Sus líneas de investigación se centran en el análisis y simulación de reactores nucleares de generación IV, reactores modulares y microreactores, desarrollo de modelos de termohidráulica de reactores nucleares y de sistemas energéticos.

Alina Santillán Guzmán
Doctora en Ingeniería por la Universidad de Kiel, Alemania. Profesora-investigadora de la FCE-BUAP. Sus líneas de investigación incluyen procesamiento de bioseñales, sensores biomédicos y proyectos inclusivos. Miembro del SNII, nivel I.

Deyani Nocedo Mena
Doctora en Ciencias, con orientación en Farmacia. Se dedica a la aplicación de ciencias multidisciplinarias en la investigación integral de productos naturales con énfasis en salud humana y ambiental. Estancia de investigación UPV/EHU, España; postdoctoral UANL/Empresa Azul Natural S.A., y académica UPV/EHU, España. Miembro de la Asociación Mexicana de Investigación en Productos Naturales, de la Sociedad Mexicana de Materiales y del SNII, nivel I.

Eduardo Gerardo Pérez Tijerina
Licenciado en Física, maestro y doctor en Física de Materiales por CICESE-UNAM. Profesor investigador de la UANL. Sus líneas de investigación abarcan la nanociencia y la astrofísica. Es líder del programa universitario de turismo científico de la UANL y del Proyecto *Flammam*. Es miembro del SNII, nivel III y de la Academia Mexicana de Ciencias.

Esteban Cruz Hernández
Profesor-investigador en la UASLP. Su trabajo se enfoca en materiales semiconductores y nanoestructuras, con énfasis en crecimiento epitaxial, integración de compuestos III–V con silicio y aplicaciones en fotónica y dispositivos avanzados.

Fabian Ambriz Vargas
Doctor en Ciencias de la Energía y los Materiales en el Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), Canadá. Realizó estancia posdoctoral en el Centro de Investigación de Plasma de la Universidad de Concordia. Investigador en el área de almacenamiento de energía en el CIO. Miembro del SNII, nivel I.

Juan Manuel González Calleros
Investigador en interacción humano computadora e inteligencia artificial, con experiencia en el desarrollo de sistemas aplicados a educación e industria. Trabaja en temas de usabilidad, diseño de interfaces y adopción responsable de tecnologías de IA con impacto en entornos académicos y organizacionales.

Luis Carlos Juárez Martínez
Doctor en Ingeniería (Energía) por la UNAM. Profesor-investigador en la FCQ-UACH. Sus intereses de investigación incluyen la física y dinámica de reactores nucleares, la cogeneración nuclear y el modelado y simulación de sistemas energéticos. Miembro del SNII, nivel I.

Luis Filiberto Regino Medina
Mecatrónico por la BUAP y maestro en Ciencias de la Electrónica (opción Automatización). Becario Conahcyt, candidato a doctor en Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento por la BUAP. Sus intereses incluyen el procesamiento de bioseñales, análisis de EEG e inteligencia artificial aplicada a la salud.

María Araceli Alcorta García
Doctora en Ingeniería Física Industrial, con especialidad en Control Automático, por la UANL. Realizó estancia posdoctoral en la Universidad de California en San Diego. Catedrática en la FCFM-UANL. Fundadora del Posgrado en Ciencias, con orientación en Matemáticas. Sus áreas de investigación son diseño de filtros y controles óptimos de procesos no lineales estocásticos, especialmente *risk-sensitive*, matemáticas aplicadas y educativas. Miembro del SNII, nivel I.

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 y cultura y estudios sociales de la innovación. Ha trabajado con distintos colectivos que van de las grandes empresas mexicanas a las pequeñas producciones agrícolas, pasando por las bibliotecas y los pequeños negocios de migrantes mexicanos en Estados Unidos. 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.

Martín Santiago Domínguez González
Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica y maestro en Ciencias en Ingeniería de Cómputo por el IPN. Maestro en Administración por la UAA. Doctor en Sistemas y Ambientes Educativos por la BUAP. Realiza estancia posdoctoral con el proyecto "Trabajo cooperativo e interdisciplinario con estudiantes y docentes de la Maestría en Enseñanza de Ciencias Exactas del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica". Es miembro del SNII, nivel candidato.

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

Raquel Garza Hernández
Licenciada en Química Industrial por la UANL. Maestra y doctora en Ciencias de los Materiales por el CIMAV. Realizó estancia posdoctoral en el Center for Plasma-Material Interactions de la University of Illinois. Investigadora tecnóloga en el CIO, en el área de almacenamiento de energía. Miembro del SNII, nivel I.

Roberto Carlos López Solís
Licenciado en Física por la UANL. Maestro y doctor en Ingeniería en Energía por la UNAM, y maestro en Administración por la UCNL. Labora en el ININ, donde se desarrolla como investigador. Sus líneas de investigación incluyen el modelado y análisis de reactores nucleares, diseño de combustible nuclear, neutrónica y termohidráulica de reactores y estudios de expansión del Sistema Eléctrico Nacional. Miembro del SNII, nivel I.

Lineamientos de colaboración
CienciaUANL

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

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

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

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

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

Criterios generales

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

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

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 subirse en la página:
https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/index

Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:
Tel: (5281)8329-4236. http://www.cienciauanl.uanl.mx/

o bien en la siguiente dirección:
revista.ciencia@uanl.mx

¡SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES!



Instagram: @revistaciencia_uanl

Facebook: RevistaCienciaUANL

UANL
VISIÓN UANL 2040
La excelencia por principio la educación como instrumento
9 779306 184011 38
Indexada en: PERIÓDICA biblat Actualidad Iberoamericana Índice Internacional de Revistas
CUIDEN latindex CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"