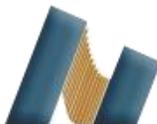


## Materiales Cuánticos Topológicos





DIRECTORIO  
UNAM

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers  
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
Secretario General

Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria  
Secretario Administrativo

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda  
Secretario de Desarrollo Institucional

Dr. William Henry Lee Alardín  
Coordinador de la Investigación Científica

Dr. José de Jesús González González  
Director del Instituto de Astronomía

Dr. Fernando Rojas Íñiguez  
Director  
Centro de Nanociencias y Nanotecnología  
Ensenada, B. C.

Dra. Teresa García Díaz  
Jefa de la Unidad Académica de Ensenada  
Instituto de Astronomía  
Campus Ensenada, B. C.

Dr. Lester Fox Machado  
Jefe del Observatorio Astronómico Nacional,  
Instituto de Astronomía,  
Campus Ensenada, B. C.

Consejo Editorial  
Dr. Tomas Verdugo González  
Ing. Israel Gradilla Martínez  
D. G. Norma Olivia Paredes Alonso  
Ing. Alma Lilia Maciel Angeles  
Dr. José S. Silva Cabrera

Diseño, formación y fotografía  
Norma Olivia Paredes Alonso

Gaceta Ensenada, es una publicación cuatrimestral editada por el Centro de Nanociencias y Nanotecnología y el Instituto de Astronomía de la UNAM Ensenada, Baja California México.

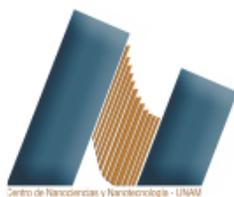
Dirección:

Carretera Tijuana-Ensenada km. 107  
Ensenada, Baja California, México.

Teléfono: (646) 175 06 50 y (646) 174 45 80

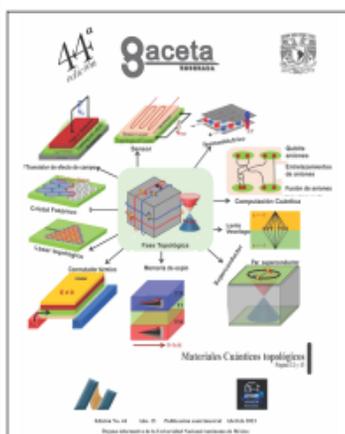
Dirección electrónica:

tomasv@astro.unam.mx  
nparedes@ens.cny.n.unam.mx  
gaceta@astrosen.unam.mx



Nuestra Portada

Gaceta Ensenada No. 44  
CNYN-IA-OAN-UNAM



Descripción de la Portada

Md Mobarak Hossain Polash et al., (2021) \*, ilustran en la imagen algunos de los posibles dispositivos que se podrían construir con los materiales topológicos.

Ejemplos de posibles áreas de aplicación incluyen: electrónica, fotónica, óptica, superconductividad, termoelectricos y computación cuántica.

\* Topological quantum matter to topological phase conversion: Fundamentals, materials, physical systems for phase conversions, and device applications.

DOI: 10.1016/j.msar.2021.100620.

# Índice

3. Espectroscopía Raman  
Parte 3.

4. ¿La Nanotecnología tiene sabor?.

5. Cómo la inteligencia artificial está revolucionando la investigación científica: Ventajas y desventajas.

6. Los virus ¿FedEx de medicamentos?  
Parte 2.

7. Materiales Multifuncionales Magneto-Controlables:  
Perspectivas y Aplicaciones.

8. Infografía: DANIO RERIO CONRA EL CÁNCER.

9. Infografía: ¿UN FUTURO SIN ESTRELLAS?.

10. Observando estrellas binarias en rayos X desde la Estación Espacial Internacional.

12. Materiales Cuánticos Topológicos.

14. El calor del Sol.

15. Especies de oxígeno reactivas y antioxidantes: clave para el antienvjecimiento y la longevidad.

16. ¿Qué es un reloj atómico?.

17. Nanociencia computacional: una alternativa hacia la mejora en la eficiencia de los fármacos  
Parte I.

18. 7ma. Expo NanoEmprendedores.

19. Licenciatura en Nanotecnología  
Centro de Nanociencias y Nanotecnología UNAM  
¡Gana segundo lugar en la Exprociencia Noroeste 2022!

20. Licenciatura en Nanotecnología  
Centro de Nanociencia y Nanotecnología-UNAM  
Nanitos del programa Nanoemprendedores  
¡Ganan acreditación para participar en evento internacional!

21. ¡Biometano a partir de aguas residuales!  
El rol del carbono activado dopado con nanopartículas conductoras.

22. La espectroscopía Raman en las misiones de exploración planetaria.

24. El Rincón de las Palabras,  
La ajetreada vida de la lengua.

# Espectroscopía Raman

## Parte 3

Paulina Segovia-Olvera<sup>1</sup>, Mariela Flores-Castañeda<sup>1</sup>, Yasmín Esqueda -Barrón<sup>2</sup>,  
psegovia@cicese.mx, mariela@cicese.mx, yesqueda@ens.cnyn.unam.mx

<sup>1</sup>Investigadores por México, CONACYT - CICESE

<sup>2</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología – UNAM

La resonancia de plasmón superficial (SPR, por sus siglas en inglés, Surface Plasmon Resonance) es la oscilación colectiva de los electrones libres de una nanopartícula metálica, impulsada por el campo eléctrico de la luz de una frecuencia particular (figura 1a) [1]. Este fenómeno ofrece la posibilidad única de concentrar la luz más allá del límite de difracción. Esto conduce al confinamiento y reforzamiento del campo electromagnético en regiones de sublongitud de onda conocidas como "hot spots" las cuales se generan en la superficie de las nanoestructuras (figura 1b). Esta característica resulta muy útil para amplificar procesos ópticos intrínsecamente débiles, tales como el esparcimiento Raman.

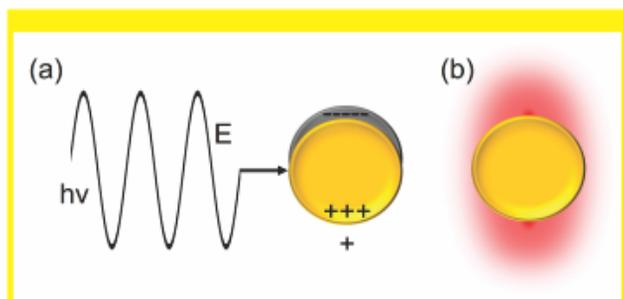


Figura 1. Esquema de la excitación de la SPR en una nanoesfera metálica con radiación electromagnética de frecuencia  $\nu$  (a). Distribución de la intensidad del campo eléctrico, en la superficie de la nanoesfera, generada por la SPR (b).

El Esparcimiento Raman intensificado en superficies, SERS (del inglés, Surface Enhanced Raman Scattering), se basa en el uso de nanopartículas coloidales o superficies nanoestructuradas. Estas son fabricadas con metales nobles, que ayudan a intensificar el esparcimiento Raman por medio de las SPR (figura 2). Este efecto fue observado por primera vez en 1974 [2]. La intensificación de la señal Raman también responde, en mucho menor grado, a la interacción molecular con el metal. La alta sensibilidad de la técnica SERS, que supera la obtenida con la espectroscopía Raman tradicional, ha sido objeto de estudio en diferentes disciplinas. En SERS el factor de reforzamiento (FR) del esparcimiento Raman puede ser de hasta  $10^{12}$ , esto implica que puede utilizarse una cantidad muy pequeña de analito o incluso una sola molécula para obtener el espectro Raman. El valor de FR depende fuertemente del tipo de analito y la morfología de la nanoestructura utilizada para SERS.

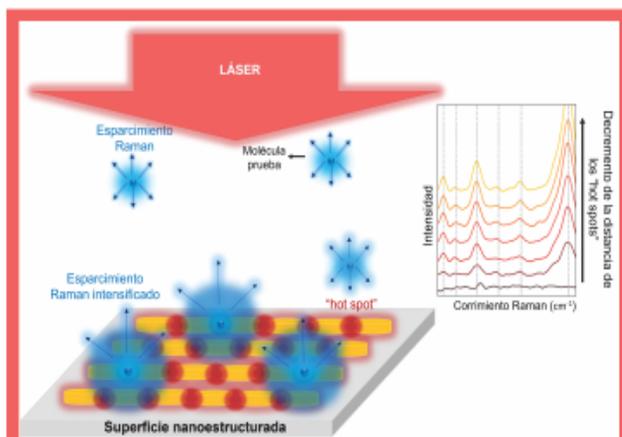


Figura 2. Representación esquemática de la intensificación del esparcimiento Raman provocada por la excitación de SPR. Los "hot spots" generados por la superficie nanoestructurada intensifican la señal Raman de las moléculas cercanas a la superficie.

Entre las ventajas que se pueden destacar de esta técnica están: la velocidad de análisis, la identificación de analitos in situ y la facilidad de manipular la muestra. Por otro lado, las principales limitaciones de SERS son: (a) el analito requiere estar en estrecho contacto con los "hot spots", (b) la degradación del material utilizado para hacer el sustrato SERS reduce el valor de FR, y (c) los problemas de reproducibilidad de la señal Raman, provocados por defectos en las nanoestructuras que generan los "hot spots" poco homogéneos. En este contexto, la comunidad científica se encuentra actualmente investigando aspectos fundamentales relacionados con el mejoramiento del campo electromagnético. También la influencia de las propiedades de las estructuras utilizadas para SERS en la respuesta óptica y la dinámica molecular con la superficie de las nanoestructuras [3]. A pesar de las limitaciones que presenta esta técnica, se ha utilizado en un gran número de aplicaciones, entre las que se encuentran la detección de plaguicidas, explosivos y aditivos alimentarios, para bioanálisis, y diagnóstico de cáncer [3]. #

#### REFERENCIAS.

- [1] Richard B. M. Schasfoort, Chapter 1: Introduction to Surface Plasmon Resonance, in Handbook of Surface Plasmon Resonance (2), 2017, pp. 1-26. ISBN: 978-1-78801-028-3.
- [2] Fleischmann, M., Hendra, P. J., and McQuillan, A. J. (1974). Raman spectra of pyridine adsorbed at a silver electrode. Chem. Phys. Lett. 26, 163-166. doi: 10.1016/0009-2614(74)85388-1.
- [3] Han, X.X., Rodríguez, R.S., Haynes, C.L. et al. Surface-enhanced Raman spectroscopy. Nat Rev Methods Primers 1, 87 (2021).

# ¿La Nanotecnología tiene sabor?

Elena Smolentseva  
CNYN-UNAM  
elena@ens.cnyn.unam.mx

**H**as pensado alguna vez si ¿la nanotecnología tiene sabor? La aparición de la nanotecnología ha traído enormes posibilidades para la obtención de productos y aplicaciones innovadoras para una amplia gama de sectores de la industria y de consumo, entre ellos el sector alimentario. La industria alimenticia siempre busca nuevas tecnologías para ofrecer productos con sabores, aromas y texturas mejorados, que se mantengan durante un período largo. Los nanomateriales pueden utilizarse para aumentar el valor nutricional de los alimentos o para reducir las cantidades de aditivos, como azúcares, sales, aromatizantes y colorantes, utilizados en un producto. La información disponible indica que los nanomateriales utilizados para las aplicaciones alimentarias comprenden sustancias orgánicas e inorgánicas.

Por lo menos una vez hemos leído en la etiqueta una palabra extraña entre los ingredientes: aditivos alimentarios (ácido benzoico, ácido cítrico y ácido ascórbico); suplementos (vitaminas A y E, isoflavones, beta-caroteno, luteína, ácidos grasos omega-3, coenzima Q10, etc.). ¿De qué se trata esto? Se trata de varios materiales orgánicos de tamaño nanométrico (naturales o sintetizados) los cuales se utilizan en la industria de alimentos. Entre ellos se puede mencionar sustancias encapsuladas en sistemas de nanodistribución (vitaminas, antioxidantes, colorantes, aromatizantes y conservantes). El principio fundamental en que se basa la obtención de sustancias orgánicas de tamaño nanométrico es su mayor ingestión, absorción y la mejor biodisponibilidad en el organismo, en comparación con los homólogos ordinarios a escala micro o macroscópica.

Otro grupo de nanomateriales utilizados en los alimentos incluye sustancias inorgánicas (E171, E172, E551 o SAS, etc.). Estos son los códigos de algunos de ellos. Por ejemplo, el óxido de titanio (E171) es frecuentemente usado para mejorar el color blanco de algunos alimentos, como productos lácteos y dulces. Además, es usado como aditivo alimentario para mejorar el sabor en una variedad de alimentos no blancos, incluyendo legumbres, nueces, semillas, mostaza, cerveza y vino. Por ejemplo, una compañía mundialmente reconocida agrega las nanopartículas de  $TiO_2$  en el yogurt para dar textura cremosa al producto. En su mayoría son las partículas con tamaño de 200-300 nm, sin embargo, según los estudios, hasta 36% del  $TiO_2$  en productos alimenticios contienen partículas con tamaño menor a 100 nm [1]. El óxido de hierro (E172) es un colorante alimenticio. Las nanoestructuras de hierro se utilizan para enriquecer ciertos alimentos y compuestos con este metal, ya que la deficiencia de este micronutriente puede causar daños en la salud [2]. Óxido de silicio o sílice amorfa sintética (E551 o SAS), principalmente se utilizan en forma de nanopartículas con tamaño entre 30 y 50 nm los cuales forman unos agregados



de 100 nm a 100  $\mu m$  uniéndose mediante fuerzas van der Waal's [3]. El  $SiO_2$  es usado como agente clarificante para eliminar los sólidos suspendidos en los líquidos en bebidas, así como evitar la formación de grumos en alimentos en polvo. Otras nanopartículas como selenio, calcio y suspensiones coloidales de partículas metálicas (cobre, oro, plata, zinc, etc.) también están disponibles como aditivos alimenticios.

Sin duda, la nanotecnología puede aportar importantes beneficios al sector alimentario: envases más livianos, resistentes y duraderos para mantener nuestros alimentos frescos durante más tiempo y reducir la cantidad de residuos. Además, los nanomateriales pueden utilizarse para mejorar el sabor, aroma y disponibilidad de nutrientes en los alimentos que ingerimos. Sin embargo, a pesar de muchas aplicaciones interesantes, existen preocupaciones relacionadas con la seguridad del consumidor. Para proteger al consumidor, está un marco legal que exige que las autoridades reguladoras aprueben el uso de nanomateriales en los alimentos antes de que se comercialicen, y que sus potenciales riesgos deben evaluarse cuidadosamente. Finalmente podemos decir, la nanotecnología tiene sabor y lo estamos catando. #

#### Referencias bibliográficas:

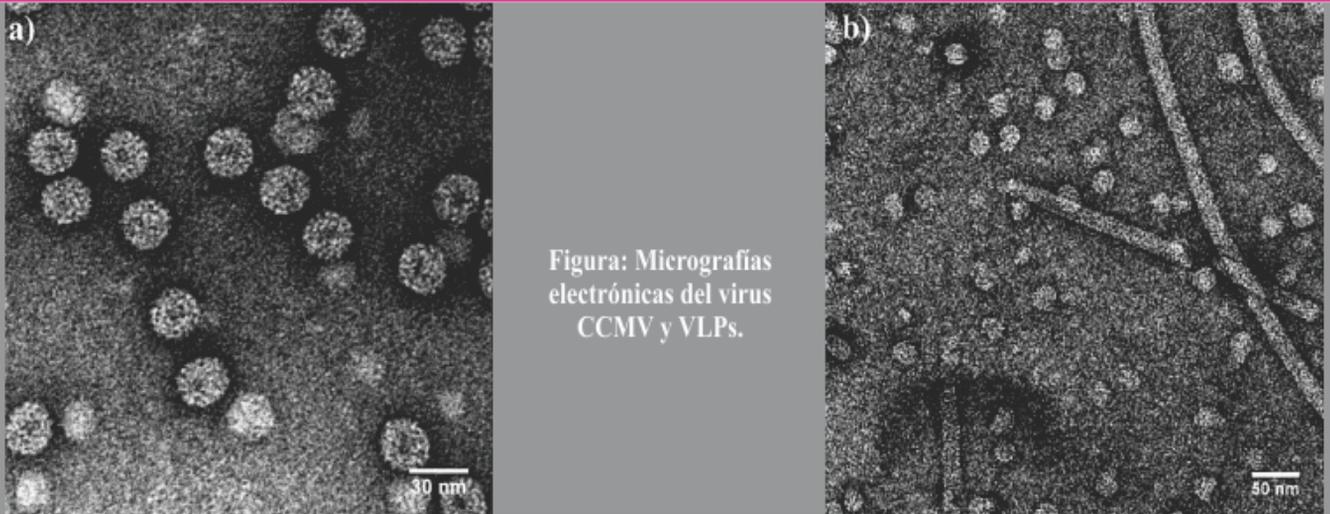
- [1] A. Weir, P. Westerhoff, L. Fabricius, K. Hristovski, N. van Goetz, Titanium dioxide nanoparticles in food and personal care products // *Environ. Sci. Technol.* 46 (2012) p. 2242-2250, doi.org/10.1021/es204168d.
- [2] F.M. Hilty, J.T. Knijnenburg, A. Teleki, F. Krumeich, R.F. Hurrell, S.E. Pratsinis, M.B. Zimmermann, Incorporation of Mg and Ca into nanostructured  $Fe_2O_3$  improves Fe solubility in dilute acid and sensory characteristics in foods // *J. Food Sci.* 76, (2011) p. 2-10, doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01885.x.
- [3] J. Adhinayyanan, V.S. Periasamy, M.A. Alsaif, A.A. Al-Warthan, A.A. Alshatwi, Presence of nanosilica (E551) in commercial food products: TNF-mediated oxidative stress and altered cell cycle progression in last cells // *Cell Biol. Toxicol.* 30(2) (2014)



# Los virus ¿FedEx de medicamentos?

## Parte 2

Rodrigo Ismael Gómez Nuñez  
CNyN-UNAM-Ensenada  
g11\_gomez@ens.cnyn.unam.mx



Ahora bien, ¿por qué nos interesan tanto los virus? Porque ellos no solo nos pueden enfermar, también nos pueden curar. ¿Cómo? A eso vamos.

La envoltura del virus es lo que les permite infectar a otras células, y eso ha resultado ser muy interesante para los científicos de hoy en día. Los biotecnólogos, nanotecnólogos y científicos de otras áreas de la ciencia han estudiado la envoltura del virus y han descubierto que la conforman estructuras más pequeñas. No sé si les habrá pasado, pero cuando fui al kinder me tocó hacer bolitas de colores de papel crepé, o seda, y pegarlas sobre una imagen para colorearla, ¿Alguien lo recuerda? Pues imaginen que la envoltura del virus está formada por esas bolitas de colores, todas pegadas de forma ordenada para darle la forma al virus. Lo más genial es que construyen una envoltura perfectamente simétrica, es decir, igual de un lado que del otro; si pones un espejo a la mitad de un virus, se verá igual por los dos lados.

Lo interesante de esto es que en el laboratorio se pueden amarrar, desamarrar y rearmar los virus. La envoltura siempre queda igual, las bolitas de papel se van a

volver a acomodar exactamente de la misma manera. Más aún, los científicos han podido mezclar virus completos con otras sustancias, agitarlos intensamente, y con este tratamiento los virus quedan vacíos, o sea, ya solo queda completa la pura envoltura. Entonces los pueden rellenar con algo completamente diferente de lo que antes tenían, como si con la misma envoltura del chocolate, ahora envolviéramos un dulce o un malvavisco. Algo importante que debo decirles es que, cuando se cambia el contenido de un virus o se deja vacío, ya no se llama virus; los llamamos partículas tipo virus (VLPs, por sus siglas en inglés).

El atractivo de las VLPs para la medicina es que se pueden usar para detectar, diagnosticar, prevenir enfermedades y mejorar los tratamientos. Actualmente, un enfoque que se les está dando a los virus es para tratar algunos tipos de cáncer. Además, las VLPs se están empezando a usar como vacunas, como escuchamos que se prepararon las vacunas para el COVID. Éstas se puede decir que son muy seguras ya que, a diferencia de las vacunas anteriores que contenían al virus inactivo o atenuado, las nuevas vacunas no contienen la información genética para manufacturar más virus, por lo que no nos

pueden infectar. Hoy en día ya hay vacunas a base de VLPs en el mercado, una para tratar la hepatitis B y otra contra el virus del papiloma humano.

Y ¿por qué es un FedEx de medicamentos? Todos conocemos lo que es FedEx y su función: te entregan un paquete, ya sea si te envió un paquete un familiar o hiciste una compra por internet, FedEx te lo entrega en la puerta de tu casa. Podríamos decir que es un envío dirigido y específico; y justamente las VLPs actúan como un FedEx. Con las nuevas técnicas de la biotecnología se puede modificar a los virus para que, en vez de un chocolate, sea un dulce. De esta manera, un virus deja de ser un agente infeccioso y se transforma en un vehículo que transporta un medicamento. Estos virus transportadores se pueden enviar a las células dañadas, por ejemplo, a una célula de cáncer, entrar en ella, y liberar la medicina que combate la enfermedad, sin efectos secundarios o dañinos para otras células, tejidos ni órganos. En otras palabras, en los laboratorios de nanotecnología se están transformando los virus en transportadores que hacen entregas dirigidas de medicamentos. #

Referencia  
Dario R. (2014). Partículas tipo virus y su potencial aplicación en Biotecnología; Mundo nano vol7 no13; SciELO.

# Materiales Multifuncionales Magneto-Controlables: Perspectivas y Aplicaciones

Javier López-Medina<sup>1</sup>, Michel Montañez-Molina<sup>2</sup>, Mariana Ríos-Naranjo<sup>2</sup>, David Domínguez-Vargas<sup>2</sup>, Gerardo Soto-Herrera<sup>2</sup>, Uriel Caudillo-Flores<sup>2</sup>, Mario H. Farías-Sánchez<sup>2</sup>, Hugo Tiznado-Vázquez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>CONACYT - Centro de Nanociencias y Nanotecnología, UNAM-  
<sup>2</sup>Centro de Nanociencias y Nanotecnología, UNAM  
javierlo21@ens.cny.n.unam.mx

Actualmente, la nanotecnología juega un papel importante en la generación de conocimiento a nivel básico y aplicado, ya que involucra la comprensión de diferentes tópicos relacionados con los procesos de síntesis en nuevos materiales, la modificación y control de algunas de sus propiedades físicas y químicas, así como las potenciales aplicaciones que pueden tener de acuerdo con las necesidades de la industria y la sociedad en general. Gracias al conocimiento que se ha adquirido en el control de los métodos de fabricación, se ha logrado preparar nanoestructuras en función de la aplicación específica deseada a través del control de sus propiedades magnéticas, eléctricas, ópticas, térmicas, electrónicas o mecánicas. A este tipo de nanoestructuras las podemos denominar como “nanoestructuras funcionales” y la relación estímulo-respuesta es clave para determinar el campo de conocimiento en que pueden ser empleadas. En este contexto, surge la inquietud sobre la modificación de las propiedades físicas y químicas de las nanoestructuras cuando se combinan materiales de diversa naturaleza o se aplican múltiples campos externos de manera simultánea o secuencial, generando, con esto, más de una respuesta física en el material. Este es el campo de desarrollo de los llamados Materiales Multifuncionales Magneto-Controlables aplicados en campos como la fotónica, la catálisis, la biotecnología, el almacenamiento de datos, la refrigeración magnética, el tratamiento de aguas, entre otros.

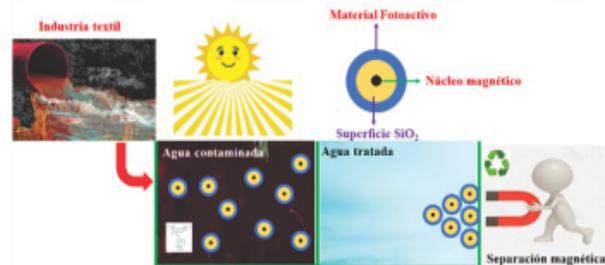
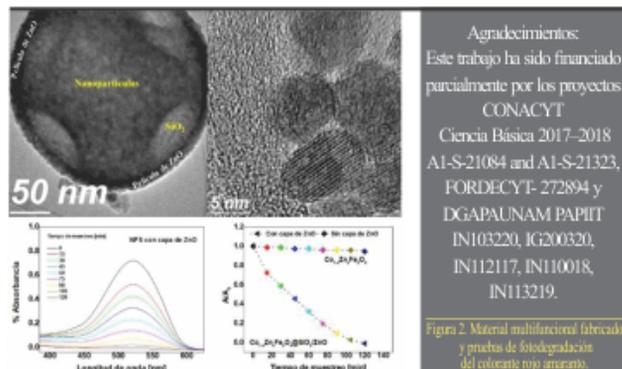


Figura 1. Aplicación de fotocatalizador basado en nanopartículas magnéticas para degradar colorantes.

Las propiedades magnéticas de distintos materiales de distintos tipos de especial interés dadas las posibilidades de manipulación externa a través del desplazamiento, autoensamblaje, transporte y separación de fases mediante la aplicación de campos magnéticos externos. Como resultado de estas características, industrias como las de tratamiento de aguas, química-farmacéutica, entre otras, vienen incorporando técnicas y materiales magnéticos en sus prácticas cotidianas[1]. Este es el caso de las ferritas tipo espinela  $MFe_2O_4$ , donde M puede ser un elemento de transición (un catión de Co, Ni, Fe, Mn o Zn con diferente estequiometría), las cuales se caracterizan por presentar una alta estabilidad

química, un comportamiento magnético íntimamente ligado a su dimensionalidad, biocompatibilidad y su capacidad para absorber o emitir radiación en un amplio rango del espectro electromagnético (UV-Vis-NIR)[2]. Dichas ferritas han exhibido interesantes propiedades como materiales multifuncionales. Por ejemplo, en el laboratorio de superficies del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM se fabricaron nanopartículas del tipo  $MFe_2O_4$  por métodos químicos, que luego fueron embebidas en el interior de esferas de  $SiO_2$  y, en seguida, se recubrieron sobre su superficie con películas ultrafinas de materiales fotoactivos, a través de la técnica de ALD (acrónimo del inglés, atomic layer deposition). El material desarrollado se considera una nanoestructura multifuncional magneto-controlable, ya que puede actuar como fotocatalizador para procesos de degradación de colorantes y ser recuperado por separación magnética.

Con el fotocatalizador magneto-controlable fabricado, se degradó el colorante rojo amaranto usado con frecuencia en la industria textil y alimentaria. Los resultados de la prueba de fotodegradación (figura 2) muestran que la eficiencia del fotocatalizador es del 95%, lo que indica que el material desarrollado tiene grandes perspectivas de aplicación y escalamiento como alternativa amigable en la remediación de aguas contaminadas por este tipo de industrias al aprovechar la respuesta magnética integrada con las propiedades fotoactivas del recubrimiento ultrafino. Por otro lado, la presencia del núcleo magnético permitió la remoción del fotocatalizador del agua cuando se aplicó un campo magnético externo. Lo anterior permite que este tipo de materiales multifuncionales sean reutilizados a través de protocolos para el tratamiento de aguas de la industria con una mayor eficiencia. #



Agradecimientos  
Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos CONACYT Ciencia Básica 2017-2018 AI-S-21084 and AI-S-21323, FORDECYT- 272894 y DGAPAUNAM PAPIIT IN103220, IG200320, IN112117, IN110018, IN113219.

Figura 2. Material multifuncional fabricado y prueba de fotodegradación del colorante rojo amaranto.

Referencias  
[1] J. Govan, Y.K. Gun, Recent Advances in the Application of Magnetic Nanoparticles, *Nanomaterials*, 4(2014) 222-241. <https://doi.org/10.3390/nano4020222>.  
[2] A.H. Lu, E.L. Salabas, F. Schüth, Magnetic nanoparticles: Synthesis, protection, functionalization, and application, *Angew. Chemie - Int. Ed.* 46 (2007) 1222-1244. <https://doi.org/10.1002/anie.200602866>.

# DANIO RERIO CONTRA CÁNCER

## PERFIL



Pez conocido como pez cebra con gusto por ser modelo para investigaciones



## Enfermedades

### Cáncer

1987 - Actualidad

Modelo in vivo para investigaciones acerca de diversos tipos de cáncer

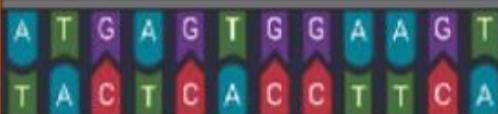


## APTITUDES



Similitud de genes con los humanos

~71%



Fácil crianza y reproducción

Nature | NCB | CSHP IN MEDICINE |

Hugo Javier Velázquez Castillo  
Centro de Nanociencias y Nanotecnología-UNAM  
hvelazquez@ens.cnyn.unam.mx  
Created with BioRender.com

## EXPERIENCIA

# 34 Años

de experiencia

Biomedicina

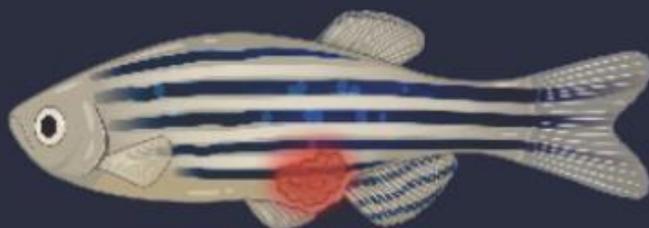
Cáncer de mama

Soy modelo in vivo para investigaciones centradas en encontrar fármacos que sirvan como tratamiento para el cáncer de mama

Bionanotecnología

Nanomateriales y nanotransportadores

Se están haciendo nanotransportadores y nanomateriales que ayuden en la eficacia de fármacos y tratamientos contra el cáncer.



# ¿UN FUTURO SIN ESTRELLAS?

año 2095

año 2077

año 2059

año 2041

año 2023

año 2005

Con observaciones realizadas por el público\*, un grupo de investigadores del Centro de Geociencias de Postdam, Alemania, encontró que del 2011 al 2021 el número de estrellas visibles a simple vista ha disminuido. Lo anterior, debido a un aumento en el brillo artificial del cielo nocturno, el cual ha aumentado un 9.6% anual desde el 2011.

## ¿QUÉ SIGNIFICA ESTO?



El brillo artificial del cielo nocturno se ha cuadruplicado en los últimos 18 años.

Esto es, una persona que en el 2005 contó 250 estrellas a simple vista en el cielo, para el 2023 contaría solo 100 estrellas, es decir, que vería una reducción del 60% en el número de estrellas que puede observar.



El brillo artificial de cielo nocturno es la principal causa de contaminación lumínica. Fotografía de la Bahía de Ensenada, B.C. México (Ilse Plauchu Frayn 2023).

## CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Impactos negativos en la sociedad y el ambiente:

- Cielo nocturno
- Ecología y fauna silvestre
- Salud humana
- Seguridad pública
- Seguridad energética y cambio climático
- Justicia social



Suponiendo que la tasa anual de aumento en el brillo artificial de cielo nocturno permanezca constante, para el año 2095 una persona podría contar solo 3 estrellas en el cielo de su ciudad.



La contaminación lumínica puede evitarse mediante un uso más responsable de la luz y la implementación de políticas que regulen el uso del alumbrado exterior, tales como las luminarias y anuncios publicitarios y decorativos.

## FUENTE

Kyba et al., Science 379, 265-268 (2023)  
 Artificial Light At Night: State of the Science 2022 Report  
 \*Proyecto Globe at Night <https://www.globeatnight.org/es/webapp/>



Creado por: Ilse Plauchu Frayn

# Observando estrellas binarias en rayos X desde la Estación Espacial Internacional

Ángel Castro, Raúl Michel  
IA-UNAM-ENSENADA  
acastro@astro.unam.mx, rmm@astro.unam.mx

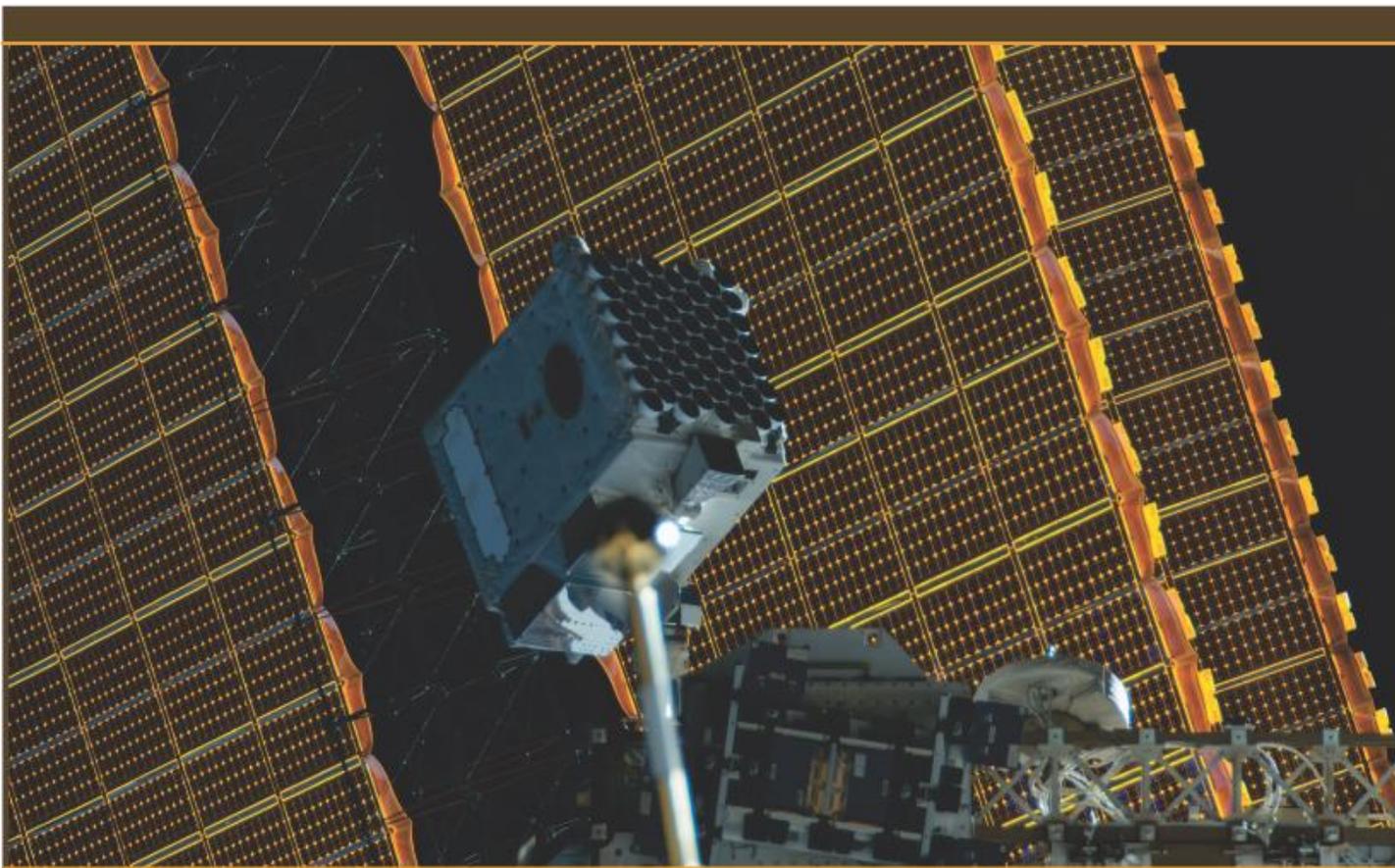


Figura 1: Fotografía en primer plano del instrumento NICER, a bordo de la Estación Espacial Internacional para observaciones de alta resolución en rayos X  
Créditos: NASA



**Figura2: Estación Espacial Internacional**  
El módulo NICER es visible en la parte superior derecha de la imagen. Créditos: NASA.

Los sistemas binarios que contienen un objeto compacto (el núcleo extremadamente denso de una estrella muerta, un agujero negro o una estrella de neutrones), y una estrella de secuencia principal o una estrella supergigante o una estrella enana blanca, son denominados binarias de rayos X (XRBs). Esto debido a la ocurrencia de breves explosiones que producen ráfagas de rayos X que, a veces, suelen ser frecuentes. Las XRBs son excelentes laboratorios naturales que nos permiten estudiar fenómenos físicos muy energéticos que son prácticamente imposibles de replicar en nuestro planeta aún con la tecnología actual.

NICER (Neutron star Interior Composition Explorer) es un instrumento a bordo de la Estación Espacial Internacional (operado por el Goddard Space Flight Center de la NASA), el cual es dedicado al estudio de XRBs. NICER es un instrumento de última tecnología que permite realizar observaciones en la banda de rayos X suaves (0.2 - 12 keV) con una increíble resolución temporal del orden de nanosegundos. Debido a esta enorme capacidad de detección, NICER permite obtener espectros y curvas de luz, de manera prácticamente simultánea, de los objetos astrofísicos estudiados. NICER cuenta con 56 concentradores ópticos, los cuales permiten coleccionar la luz (en la mencionada banda de rayos X) emitida por los objetos de interés y dirigirla sobre una pequeña área en la cual se coloca un detector a base de semiconductor. Debido a su gran sensibilidad, estos detectores permiten detectar fotones individuales, registrando tanto su energía como el tiempo de arribo exacto de dichos fotones, lo que permite la observación de fenómenos astrofísicos previamente fuera del alcance de la comunidad astronómica y con un nivel de detalle sin precedentes.

Debido a sus incomparables capacidades, las contribuciones de NICER no se han limitado solamente al estudio de XRBs, sino que ha sido una herramienta de enorme valor en modernos estudios sobre la emisión de rayos X relacionados a los agujeros negros supermasivos localizados en los núcleos de muchas galaxias, los procesos de emisión en pulsares o la observación de los rápidos estallidos asociados a la liberación de la energía magnética almacenada en las atmósferas de las estrellas.

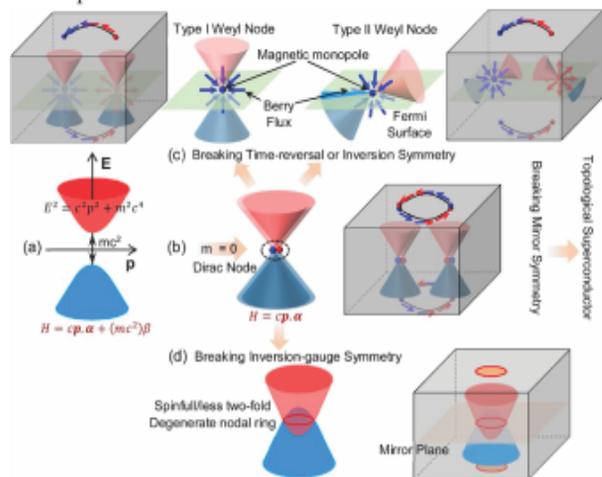
Las observaciones coordinadas en múltiples telescopios y múltiples longitudes de onda resultan especialmente importantes para entender la causa de estos estallidos repentinos, las escalas de variabilidad en las diferentes longitudes de onda, la física del plasma, así como los cambios en la geometría de la zona emisora y la dinámica del disco de acreción de los agujeros negros y estrellas de neutrones. Las observaciones de alta cadencia, particularmente las realizadas simultáneamente en bandas ópticas, con novedosos instrumentos como OPTICAM, en el Observatorio Astronómico Nacional en la Sierra de San Pedro Mártir, son esenciales para aumentar nuestra comprensión de la física subyacente del proceso de acreción en el rango de subsegundos. Una escala de variabilidad pobremente estudiada hasta ahora.

De esta manera, las contribuciones de NICER, y otros instrumentos de alta resolución temporal, contribuyen a entender el ambiente alrededor de objetos astrofísicos compactos, así como los procesos de acreción de material en sistemas estelares binarios. Resulta también de gran utilidad para comprender la naturaleza de la materia ultradensa y los procesos de colapso a agujeros negros. Finalmente, ayudará también a estudiar la estructura y composición interna y los mecanismos de radiación de las estrellas de neutrones. #

# Materiales Cuánticos Topológicos

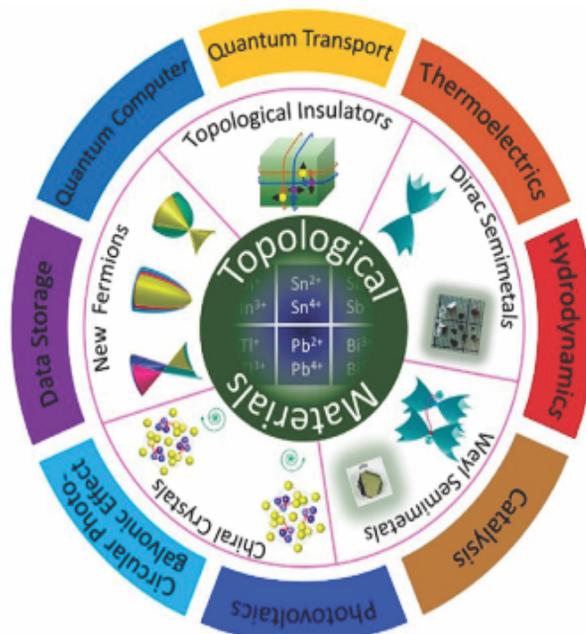
Armando Reyes Serrato  
Departamento de Modelación de Nanomateriales  
CINyN-UNAM  
armando@ens.cyn.unam.mx

Existen materiales que han definido épocas, algunas de miles de años como la edad de piedra, indicando con esto que la humanidad la utilizaba para transformar e interactuar con el medio que le rodeaba. Después de la piedra surgieron los metales que también hicieron época (cobre, hierro y bronce) y, una de las más recientes con menos de un siglo de existencia, la edad del silicio, material base para la tecnología que encontramos prácticamente en todas las áreas de la actividad humana, por ejemplo, en el entretenimiento, en la salud, en los teléfonos celulares y en las supercomputadoras. Pues bien, aquí presentaré materiales cuya época por definir se encuentra en el amanecer, que muy probablemente nos permitan lograr una tecnología que de momento solo podemos imaginar, que será útil para resolver los grandes problemas de la humanidad en su relación con el planeta y llevarnos a construir la computadora cuántica. Veamos cuales son estos materiales.



Se cuenta con la herramienta teórica bien establecida para identificar las características de los materiales topológicos mediante el estudio de la topología de su estructura de bandas.

De todo el universo material que observamos, fácilmente reconocemos tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Actualmente sabemos de la existencia de muchos más, como ejemplos el plasma, los cúmulos atómicos y el condensado de Bose-Einstein; se clasifican de acuerdo con la forma en la que las partículas que la constituyen (átomos, moléculas o iones) se mantienen unidas por algún tipo de fuerzas entre ellas. La materia en estado sólido se clasifica como amorfa o cristalina. Es amorfa cuando las partículas que la constituyen están aleatoriamente distribuidas en el espacio y, cristalina cuando dichas partículas forman un arreglo ordenado periódico, lo que permite definir una unidad base representativa del cristal. Dado lo anterior puedo decir por el momento, que los materiales tema del presente escrito los identificamos como sólidos cristalinos.

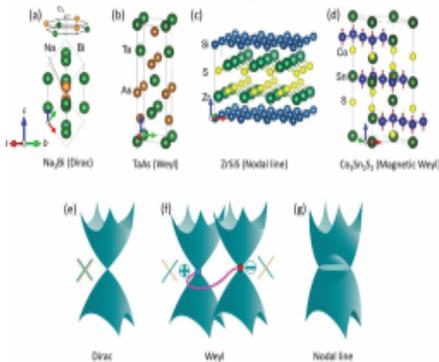


Continuando con los sólidos cristalinos y considerando su capacidad para conducir corriente eléctrica, se clasifican en metales, aislantes y semiconductores, siendo metales los que con una pequeña diferencia de potencial (un voltaje aplicado) obtenemos un flujo de corriente en el material; los aislantes requieren una diferencia de potencial mucho mayor para lograr la conducción y los semiconductores se encuentran entre los extremos mencionados. La descripción matemática de las aseveraciones anteriores la obtenemos de una de las teorías más aceptadas y comprobada experimentalmente, la denominada Mecánica Cuántica. Dicha Teoría es útil para comprender las propiedades físicas de los materiales, pues su área de aplicación es a escala atómica, esto es a la escala de los constituyentes de la materia. Por lo anterior todos los materiales son cuánticos, en el sentido de que para entender sus propiedades física y químicas, es necesario utilizar la mecánica cuántica para analizarlos.

Como es normal en ciencia, no existen teorías absolutas que nos permitan entender todos los fenómenos de la naturaleza. Conforme se hace investigación y con el avance del conocimiento y de la tecnología es posible observar características nuevas en los materiales y encontrar propiedades que no se pueden explicar con el estado de la teoría en ese momento. Lo anterior sucedió en el año 1980, cuando experimentalmente se encontró un material que se comportaba como aislante y conductor al mismo tiempo. La teoría de bandas de la física del estado sólido en 1980 no podía explicar

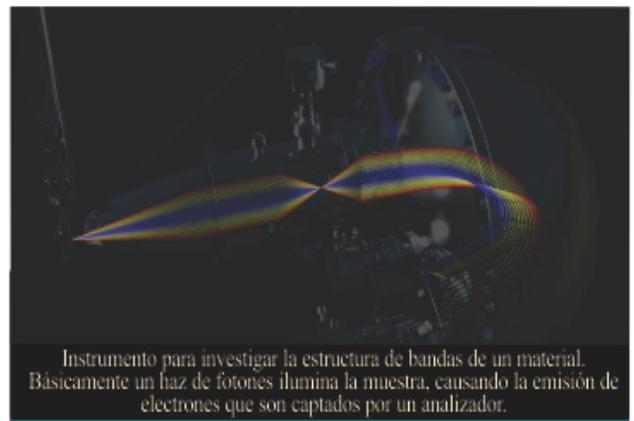
tal característica. Se complementó la teoría de bandas con las denominadas invariantes topológicas, concepto que se usa en la rama de las matemáticas denominada topología, que de forma muy abreviada diremos que estudia aspectos que se mantienen sin cambio en objetos que deformamos. En topología, un elipsoide, una esfera y un cubo, son equivalentes; pero no lo son comparados con una dona.

Se han otorgado tres premios Nobel de física relacionados con lo que actualmente denominamos materiales cuánticos topológicos. En 1985 “por el descubrimiento del efecto Hall cuántico”, en 1998 “por el descubrimiento de una nueva forma de fluido cuántico con excitaciones con carga fraccionaria” y, en 2016 “por los descubrimientos teóricos de las transiciones de fase topológicas y fases topológicas de la materia”. Estos reconocimientos nos dan una idea de la trascendencia de estos descubrimientos teóricos y experimentales en las ciencias físicas y por lo tanto de la importancia que tienen los materiales cuánticos topológicos. En los últimos 20 años se han logrado grandes avances teóricos y experimentales en el tema de estos materiales, dando muestra de ello la literatura especializada. Se desarrollaron nuevas teorías, se clasificaron y generaron bases de datos de dichos materiales, se cuenta con técnicas experimentales que pueden analizarlos y se trabaja intensamente en sus posibles aplicaciones.



Se muestran materiales cristalinos topológicos y la forma de las bandas en una vecindad muy pequeña del nodo en los semimetales de Dirac, Weyl y línea nodal.

Algunos de los nombres para identificar materiales topológicos son: efecto Hall cuántico, aislantes de Chern, aislantes topológicos, semimetales de Dirac, semimetales de Weyl y semimetales de línea nodal. Para comprender las propiedades de estos materiales es necesario identificar lo que se denominan cuasipartículas como responsables del surgimiento de dichas propiedades, tales cuasipartículas no son electrones sino más bien son el resultado del comportamiento colectivo de los mismos. Tienen el nombre de los investigadores que plantearon la ecuación para describir la “partícula”. Además de las cuasipartículas de Dirac y de Weyl, existen las de Majorana que surgen en materiales superconductores topológicos.



Se espera desarrollar pronto la electrónica que use las ventajas de los materiales topológicos, siendo fundamentalmente la permanencia de la propiedad ante múltiples perturbaciones, la reducción en las dimensiones y el menor consumo de energía. Dado lo anterior, se tendrán dispositivos nuevos para utilizarse en muy diversos campos y llevamos a una tecnología más avanzada. En particular, se hace mucha investigación para lograr una computadora cuántica utilizando las cuasipartículas de Majorana. #

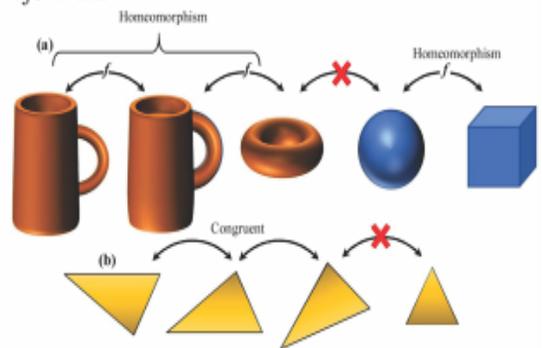


Imagen para ilustrar el concepto de invariante topológico. Al aplicar una transformación a la taza que la deforme hasta convertirla en una dona, la invariante es el número de agujeros. Así, el conjunto taza/dona es topológicamente diferente del conjunto esfera/cubo.

Las bases de datos de materiales topológicos en las que podemos identificar miles de materiales que presentan propiedades topológicas son:

<https://www.topologicalquantumchemistry.com>  
<http://materna.e.iphy.ac.cn>

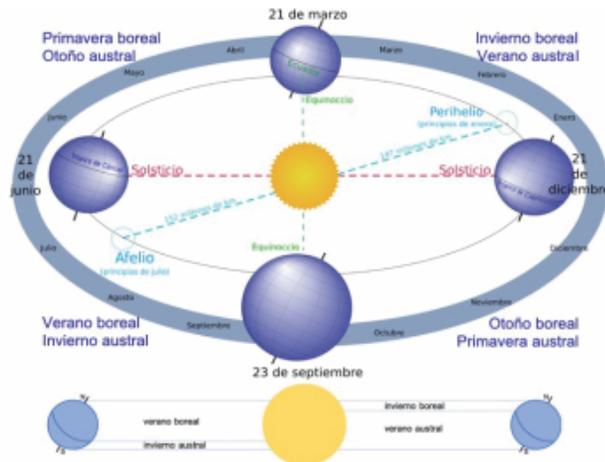
Para saber más de estos importantes materiales, consultar los siguientes artículos, de los cuales he tomado las imágenes que se muestran en la portada y en este escrito:

Topological quantum matter to topological phase conversion: Fundamentals, materials, physical systems for phase conversions, and device applications  
 Materials Science and Engineering: R: Reports  
 Volume 145, July 2021, 100620  
<https://doi.org/10.1016/j.mser.2021.100620>

Topological Quantum Materials from the Viewpoint of Chemistry  
 Chem. Rev. 2021, 121, 5, 2780–2815  
<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c00732>

# El calor del Sol

Michael Richer  
IA-UNAM, Ensenada  
richer@astro.unam.mx



Basado en [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/Estaciones\\_del\\_año.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/Estaciones_del_año.png)

Recientemente, vi un video (en WhatsApp), muy bien hecho, en el que el narrador explicaba que el clima frío de esta época invernal se debía a que la Tierra se estaba alejando del Sol (¡una infografía alusiva a la misma noticia apareció en las redes sociales de un funcionario estatal!). Lamentablemente, a pesar de la calidad de la grabación y el uso de términos técnicos reales, la información era totalmente falsa, una mentira. Para verlo, aclaremos unos conceptos.

Cómo descubrió el astrónomo alemán Johannes Kepler, la órbita de la Tierra es una elipse alrededor del Sol. Como resultado, la Tierra está más cercana al Sol en parte de su órbita y más lejana en otras. Sin embargo, la distancia de la Tierra al Sol varía poco, apenas 2% en torno a la distancia media (aproximadamente 149.6 millones de kilómetros.) El punto de mayor acercamiento al Sol es el perihelio, cuando el Sol es distante por 147.1 millones de kilómetros, lo cual ocurre a principios de enero. El punto más lejano en su órbita es el afelio, a 152.1 millones de kilómetros del Sol, y ocurre a principios de julio. Es decir, en el hemisferio norte, contrario a lo que esperaríamos, el clima más frío ocurre cuando la Tierra está más cercana al Sol y el clima más caliente cuando está más lejana. La parte superior del diagrama ilustra esto.

Para entender por qué sucede así, consideramos dos cosas más, dibujadas en la parte inferior del diagrama. Primero, la temperatura en la Tierra se debe a la radiación que recibe del Sol. Segundo, el eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de la órbita por 23 grados. Dado eso, la fracción total de la radiación solar que capta uno de los hemisferios, norte o sur, depende de la posición de la Tierra en su órbita. En el invierno boreal, el hemisferio norte capta una pequeña fracción del total de la radiación solar mientras que el hemisferio sur capta la mayoría.

Lo opuesto sucede en el verano boreal (invierno austral). En la primavera y otoño, los dos hemisferios captan cantidades similares de la radiación total.

Entonces, las temperaturas bajas que vivimos en el invierno en el hemisferio norte ocurren porque nuestro hemisferio intercepta una minoría de la radiación solar. No tiene que ver con la variación de la distancia de la Tierra al Sol.

La captación de la radiación solar es un efecto local, lo cual explica por que los trópicos son generalmente más calientes que el resto del planeta. Como se ve en la parte inferior del diagrama, latitudes más cercanas al ecuador presentan un perfil más perpendicular a la dirección hacia el Sol que latitudes más alejadas. Como resultado, latitudes más cercanas al ecuador captan más radiación por unidad de área, por ejemplo, por metro cuadrado, que latitudes más cercanas a los polos. Además, en las latitudes cercanas al ecuador, la fracción de la radiación solar captada a lo largo del año es más constante, lo cual produce una temperatura típica que es mayor y que varía menos a lo largo del año.

Lo anterior concierne al clima en general. Hay lugares con microclimas inusuales, como conocerán muy bien los lectores en Mexicali o Hermosillo, que son hasta más calurosos en verano que muchos lugares cercanos al ecuador, pero son las excepciones.

Regresando al video, debemos EVALUAR la información que recibimos, sobre todo si es alarmista. Disponemos de muchas herramientas para evaluarla y debemos usarlas. La curiosidad de buscar “afelio” (un término usado en el video) en Wikipedia basta para demostrar que el video es una mentira... #

# Especies de oxígeno reactivas y antioxidantes: clave para el antienvejecimiento y la longevidad



E. Arroyo, A. Olivas  
CNyN-UNAM, Ensenada  
aolivas@ens.cnyn.unam.mx



Conforme envejecemos, nuestro cuerpo se vuelve vulnerable a los efectos dañinos de las especies reactivas de oxígeno (Reactive Oxygen Species, ROS). Las ROS describen una serie de moléculas reactivas y radicales libres derivadas del oxígeno molecular. Son producidas como subproductos durante el transporte de electrones mitocondriales de la respiración aeróbica o por las enzimas oxidoreductasas y la oxidación catalizada por metales, tienen el potencial de causar una serie de eventos nocivos. La mayoría de ellas provienen del primer caso como subproductos, o se forman como intermediarios necesarios de las reacciones de oxidación catalizadas por metales. Originalmente se pensó que solo las células fagocíticas eran responsables de la producción de ROS como parte de los mecanismos de defensa de la célula huésped. Trabajos recientes han demostrado que las ROS tienen un papel en la señalización celular, que incluye; apoptosis; la expresión génica; y la activación de cascadas de señalización celular [1]. Las ROS pueden servir como mensajeros tanto intracelulares como intercelulares.

El oxígeno atómico tiene dos electrones desaparecidos en órbitas separadas en su capa externa de electrones. Esto hace que el oxígeno sea susceptible a la formación de radicales. La reducción secuencial de oxígeno a través de la adición de electrones conduce a la formación de una serie de ROS que incluyen: el superóxido; el peróxido de hidrógeno; el radical hidroxilo; el ion hidroxilo; y el óxido nítrico. Son altamente reactivos y, en exceso, pueden dañar las células y tejidos de nuestro cuerpo y están involucrados en una amplia variedad de enfermedades.

La desintoxicación de especies reactivas de oxígeno es fundamental para la supervivencia de todas las formas de vida aeróbica. Para balancear las ROS, nuestro cuerpo tiene sistemas naturales de defensa, para proporcionar un equilibrio entre la producción y la eliminación de ROS, y uno de ellos son los antioxidantes. Los antioxidantes son compuestos que protegen a nuestro cuerpo del desequilibrio hacia el estado pro-oxidativo que a menudo se le llama "estrés oxidativo". Los

antioxidantes son compuestos sintetizados por las plantas en sus diferentes partes, caracterizados por poseer grupos hidroxilos (OH) unidos entre sí por anillos bencénicos. Al ser ingeridos protegen de manera eficaz la salud del ser humano, previniendo el desarrollo de enfermedades tan graves como el cáncer, el infarto de miocardio, el ictus, los procesos neurodegenerativos y el sistema inmunológico [2].

Algunos alimentos que contienen altas cantidades de antioxidantes son: **Frutas y verduras**. Contienen vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes como los carotenoides, flavonoides y polifenoles. Ejemplos de frutas y verduras ricas en antioxidantes son las bayas (como grosellas, moras, arándanos y fresas), los cítricos, el brócoli, la espinaca, las zanahorias y los tomates. **Frutos secos y semillas**. Ricos en antioxidantes y grasas saludables, pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Ejemplos de frutos secos y semillas ricas en antioxidantes son las nueces, las almendras, las semillas de chía y las semillas de lino. **Té verde**. Rico en compuestos antioxidantes llamados catequinas, que tienen propiedades antiinflamatorias y pueden ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. **Chocolate negro**. Contiene antioxidantes llamados flavonoides, que pueden ayudar a reducir la inflamación y mejorar la salud del corazón. Un chocolate con 76% de cacao ya es recomendable.

Aunque uno de los principales beneficios de una dieta rica en antioxidantes es el retraso del envejecimiento, no es el único beneficio, también se ha demostrado que los antioxidantes pueden ayudar a mejorar la salud del corazón, reducir el riesgo de enfermedades crónicas y mejorar la función cognitiva. Una dieta equilibrada y rica en antioxidantes debe complementarse con otras medidas preventivas para maximizar sus beneficios, como hacer ejercicio, evitar fumar y reducir el consumo de alcohol. #

#### Referencias:

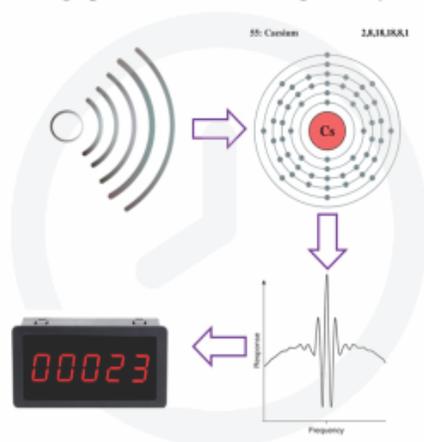
- [1] Packer, L., & Colman, C. (1999). *The antioxidant miracle*. John Wiley & Sons.
- [2] Huemer, R. P. (2002). *The oxygen paradox*. CRC Press.

# ¿Qué es un reloj atómico?

Fabian N. Murrieta-Rico<sup>1</sup>, Vitalii Petranovskii<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Baja California / <sup>2</sup>CNyN-UNAM, Ensenada

fmmurrietar@upbc.edu.mx. / vitalii@ens.cnyn.unam.mx



Todos estamos acostumbrados a que tenemos que seguir horarios específicos en nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, tenemos una hora de entrada y salida de la escuela o trabajo, vamos a dormir más o menos a la misma hora en la noche, o si tenemos que hacer un viaje, sabemos a qué hora debemos de llegar al transporte. En este sentido, es importante que nos preguntemos ¿cómo sabemos qué hora es? Al buscar la respuesta a esta pregunta podemos pensar que en la actualidad podemos consultar la hora en nuestro teléfono o reloj. Pero eso realmente no nos responde nuestra pregunta, esto debido a que nuestros relojes deben de ajustarse de acuerdo con alguna referencia que sea común para todas las personas, para que, de esta manera, todos tengamos el mismo horario. Como se mencionó en otro trabajo [1], los humanos hemos intentado medir el tiempo desde siempre, pero los requisitos técnicos para esta tarea se han incrementado de acuerdo con nuestros avances tecnológicos.

En particular, para el mundo en el que vivimos, tener una medición adecuada del tiempo nos ayuda entre muchas otras cosas, a tener una sincronización adecuada entre relojes diferentes. Esto es, que dos relojes tengan la misma hora al mismo tiempo, y si esto no ocurre, podría haber problemas muy graves, como por ejemplo que dos aviones tengan un accidente al aterrizar al mismo tiempo o que nuestros sistemas de comunicación no funcionen de manera adecuada. Entonces, la sincronización es una tarea muy importante para todos los relojes del mundo y con este objetivo se crearon los relojes atómicos.

Estos relojes utilizan las oscilaciones energéticas de átomos de cesio, que se adelantan o atrasan un segundo cada 300 millones de años [2,3]. Esto quiere decir que, si consideramos que la esperanza de vida que tenemos es de aproximadamente 78 años, tendríamos que vivir 3846154 vidas para presenciar que

dos relojes atómicos se desincronicen. Hay relojes atómicos dispersos por el mundo y los más comunes utilizan un isótopo de cesio 133. Un isótopo es la forma de un elemento químico en el que los átomos tienen el mismo número de protones (partes del núcleo de un átomo), pero un número diferente de neutrones (partes del núcleo de un átomo). En términos generales podemos decir que los relojes atómicos son dispositivos que alteran los estados de energía de los átomos de cesio utilizando un bombardeo de microondas, mientras esto ocurre se calcula el tiempo que duran estos cambios de energía y este proceso se repite con microondas emitidas a diferentes frecuencias. En estas frecuencias se tiene alguna que altera el estado del mayor número de átomos, lo que genera una mayor adsorción de radiación e incrementa la emisión subsecuente de fotones. Esto se puede ver como los cambios de energía de los átomos de cesio y es por esto, que dicha frecuencia se conoce como frecuencia natural del átomo de cesio, la cual se utiliza para definir la unidad fundamental de medida del tiempo: el segundo. Hoy el segundo se define como el tiempo que le toma al cesio oscilar 9192631770 veces. Es por esto por lo que cada ciclo corresponde a un cambio de energía del átomo de cesio. Entonces podemos concluir que los relojes atómicos son imprescindibles para nuestra vida diaria, desde cosas tan simples como tener la hora correcta en nuestro teléfono, hasta situaciones más importantes como saber cuándo aterrizará un avión en el otro lado del mundo. #

## Referencias

- [1] Murrieta-Rico, F.N., et al. 2019. La medición del tiempo y su importancia. *Gaceta Ensenada*, 32(11). <https://www.astrosen.unam.mx/divulgacion/gaceta/antiores/gaceta32.pdf>
- [2] Marcos, L. 2019. ¿Cómo funciona un reloj atómico? <https://www.muyinteresante.es/ciencia/28975.html>
- [3] NIST, 2014. NIST Launches a New U.S. Time Standard: NIST-F2 Atomic Clock

# Nanociencia computacional: una alternativa hacia la mejora en la eficiencia de los fármacos

## Parte I

Carmen Martínez del Sobral Sinitsyna<sup>§</sup>, Christian A. Celaya <sup>‡</sup>, Daniel G. Araiza<sup>†</sup>, Miguel Reina<sup>§</sup>  
mreina@quimica.unam.mx

La nanociencia computacional se refiere al uso de técnicas de simulación y modelado computacional para estudiar y predecir el comportamiento de sistemas a escala nanométrica. En particular, la Teoría de Funcionales de la Densidad es una técnica comúnmente utilizada en esta rama para describir las propiedades electrónicas y estructurales de moléculas y materiales a nivel atómico y molecular. En el contexto de la detección, captura y transporte de fármacos, la nanociencia computacional puede ayudar en el diseño de nanovehículos (por ejemplo, nanopartículas, nanotubos, nanocápsulas) que presenten una alta selectividad para la molécula de interés. Estos nanovehículos pueden ser diseñados para interactuar específicamente con la molécula diana mediante enlaces químicos, interacciones electrostáticas o de van der Waals, entre otros mecanismos. Además, las simulaciones computacionales pueden proporcionar información valiosa sobre los mecanismos de transporte de las moléculas bioactivas a través de los nanovehículos, lo que puede ayudar a optimizar el diseño de estos sistemas para mejorar su eficacia y selectividad.

En la Facultad de Química, en conjunto con el CNyN y el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, hemos estado trabajando en el estudio teórico de la adsorción de la procarbazona (pro), en particular en el sistema nanoestructurado B<sub>12</sub>N<sub>12</sub> [1,2]. El objetivo principal de nuestro trabajo es identificar los sitios más favorecidos termodinámicamente para llevar a cabo la adsorción, así como determinar el tipo de interacción que presenta el sistema adsorbido e identificarlo como un sistema útil para el transporte del medicamento. En este contexto, la procarbazona (pro) es un medicamento utilizado en quimioterapia, y sus efectos secundarios pueden reducirse considerablemente al utilizar un nanovehículo para depositarlo específicamente en células cancerígenas[1]. Para tal efecto se han estudiado sistemas nanoestructurados, entre ellos B<sub>12</sub>N<sub>12</sub>, cuyas cualidades son su alta solubilidad, su capacidad de adsorberse de manera moderada y su inocuidad[3]. Desde un punto de vista termodinámico, el transporte de medicamentos mediante estos sistemas se puede determinar desde su adsorción, a partir de los valores de  $\Delta G$  (ver Esquema 1).

Para estudiar estos sistemas, se realizaron cálculos de estructura electrónica con la implementación Gaussian 16 y la interfaz gráfica GaussView6, dentro del marco de la Teoría de



Esquema 1.- Tipo de adsorción de acuerdo con el valor de  $\Delta G$  (kcal/mol). El régimen mixto comprendido entre -5 y -40 kcal/mol es el óptimo para el empleo de nanovehículos en fármacos.

Funcionales de la Densidad. Para analizar estos sistemas (procarbazona, B<sub>12</sub>N<sub>12</sub> los sistemas adsorbidos pro-B<sub>12</sub>N<sub>12</sub>) se utilizó el método B3LYP/6-31G(d,p)/D3(BJ) en fase acuosa (SMD). Para identificar la interacción entre ambos sistemas, se estudiaron todos los posibles sitios de adsorción. En la Figura 1 se muestran los sitios considerados: se analizaron tanto los heteroátomos (átomos de oxígeno y nitrógeno de la procarbazona, y átomos de boro y nitrógeno de B<sub>12</sub>N<sub>12</sub>), como los centroides de los anillos de la procarbazona y el sistema nanoestructurado, B<sub>12</sub>N<sub>12</sub>.

Bien, ahora con las bases sentadas acerca de los alcances de la nanociencia computacional, y su impacto en el diseño efectivo de nano vehículos para la administración eficiente de fármacos, analizaremos, en el siguiente número de esta Gaceta, los resultados de la interacción de la procarbazona y el sistema B<sub>12</sub>N<sub>12</sub>. #

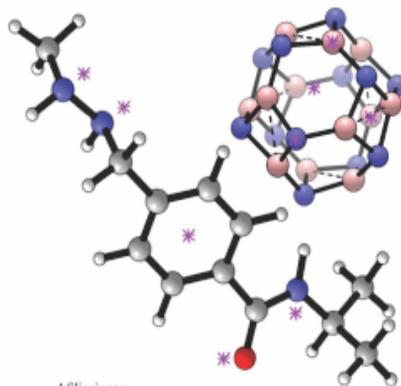


Figura 1. Geometría optimizada de la procarbazona y el sistema nanoestructurado B<sub>12</sub>N<sub>12</sub> con los sitios posibles de interacción (marcados con una estrella: heteroátomos y centroides).

### Agradecimientos

Supercómputo Miztli

(Proyecto: LANCAD-UNAM-DGTC-410) y Cedric Reyes

Cadena por el soporte técnico.

### Afiliaciones.

Departamento de Química Inorgánica y Nuclear, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Ciudad de México, México.

<sup>‡</sup>Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Km 107 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., C.P. 22800, México.

<sup>†</sup> Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, C.P. 04510, México

### Referencias

- 1.- Handbook of Experimental Pharmacology, 1975, 38/2, 1
- 2.- Mohammed, A., Bayford, R., & Demosthenous, A. (2018). Toward adaptive deep brain stimulation in Parkinson's disease: a review. Neurodegenerative disease management, 8(2), 115-136.
- 3.- Celaya, C. A., Hernández-Ayala, L. F., Zamudio, F. B., Vargas, J. A., & Reina, M. (2021). Adsorption of melphalan anticancer drug on C24, B12N12, B12C6N6, B6C12N12 and B6C6N12 nanocages: a comparative DFT study. Journal of Molecular Liquids, 329, 115528.

# 7ma. Expo NanoEmprendedores

María de Lourdes Serrato de la Cruz  
CNyN-UNAM  
pa\_lourdes@ens.cnyn.unam.mx



El 17 de noviembre de 2022, en el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM, Campus Ensenada (CNyN), se realizó la 7ma. Expo NanoEmprendedores de manera presencial. En dicho evento los estudiantes de 7mo. semestre de la Licenciatura en Nanotecnología del CNyN-UNAM presentaron una video cápsula informativa de su proyecto, un pitch de lanzamiento de la idea de tres minutos y una exposición en un stand de su propuesta de producto; todos alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU. Los proyectos fueron evaluados por tres jueces, la Mtra. Yulizet Sánchez, el Mtro. Eric O. Cedillo y el Dr. Juan Águila, expertos en áreas empresariales, innovación y diseño de productos. El evento contó con la asistencia de estudiantes, investigadores, y público en general.

Participaron cinco proyectos de los cuales tres resultaron premiados:

**1er Lugar:** Hapticdots: Pantalla Braille Actualizable. Integrantes: Melina E. Berrones, Dante Serrano, Robert Serrano y Abel E. Cuevas. Asesor Mtro. José C. Gómez.

**2do Lugar:** Nabinus: Elaboración de nanocelulosa a partir del proceso de recuperación de los residuos sólidos. Integrantes: Regina del Carmen Cheluja, Anabelee Ochoa, María del Carmen Uch y Alberto Vásquez. Asesora Dra. Ana Guadalupe Rodríguez.

**3er Lugar:** Hydro-Aid: Hidrogel para la curación de heridas superficiales. Integrantes: Cecilia María Mexia, Antonio Cárdenas, Santiago Romero. Asesor Dr. Rubén D. Cadena.

También participaron los proyectos:

**NanoFarma Solutions:** Promotor del crecimiento en pollos de engorda. Integrantes: Jesús Márquez, Aaron Mena, Kerch Erik Pérez y Gerardo Sebastián Trigueros. Asesores M.C. Anaíd Meza y M.C. Pedro A. Gama.

**NanoRoads:** Pintura luminiscente para aplicación en señalamientos viales y carreteras. Integrantes: Daira Zavaleta, Paul Gallegos, Mario Alejandro López y Miguel Macías. Asesor Dr. Prakhar Sengar. #

Más información: <https://nanolic.cnyn.unam.mx/emprendedores/>

“Muchas felicidades a los proyectos ganadores”

Y un reconocimiento muy especial a todos los participantes



# Licenciatura en Nanotecnología Centro de Nanociencias y Nanotecnología-UNAM

## ¡Gana segundo lugar en la Expociencia Noroeste 2022!

María de Lourdes Serrato de la Cruz  
CNYN-UNAM  
pa\_lourdes@ens.cnyn.unam.mx



**E**l día 9 de noviembre de 2022, proyectos del programa NanoEmprendedores de la Licenciatura en Nanotecnología a cargo de la Mtra. Ma. de Lourdes Serrato de la Cruz participaron en la Expo Ciencias Noroeste 2022 “Un espacio de creatividad y emprendimiento juvenil”, en la ciudad de Tijuana B. C.

### **Resultando ganadores del segundo lugar.**

El proyecto Hydro-Aid: Hidrogel para la curación de heridas superficiales.

Presentado por los estudiantes: Cecilia María Mexia Romero, Antonio Cárdenas Calvario, Santiago Romero Minchaca, con el acompañamiento del asesor Investigador Dr. Rubén Darío Cadena.

Con ello obtuvieron su pase al concurso nacional ExpoCiencias 2022 a celebrarse en la ciudad de San Luis Potosí, San Luis Potosí, del 6 al 9 de diciembre de 2022.

### **Así mismo extendemos nuestro Reconocimiento y Felicitación**

A la participación del proyecto NanoFarma Solutions: Promotor del crecimiento en pollos de engorda. Presentado por los estudiantes: Jesús Márquez Avilés, Aaron Mena Rodríguez, Kerch Erik Pérez Murillo y Gerardo Sebastián Trigueros Geraldo, con el acompañamiento de los asesores Investigadores M.C. Anaid Meza Villezcas y M.C. Pedro Antonio Gama López. #

¡Muchas Felicidades a todos los participantes y a sus asesores! Este reconocimiento es fruto del esfuerzo, trabajo en equipo y colaboración entre grupos multidisciplinarios. #

**¡Goya, Goya, Cachún, Cachún, Ra, Ra, Cachún, Cachún, Ra, Ra, Goya UNIVERSIDAD!**

Licenciatura en Nanotecnología  
Centro de Nanociencias y Nanotecnología-UNAM

Nanitos del programa Nanoemprendedores  
¡Ganan acreditación para participar en evento internacional!

Maria de Lourdes Serrato de la Cruz  
CNyN-UNAM  
pa\_lourdes@ens.cnyn.unam.mx

Del 6 al 9 de diciembre de 2022, en la Ciudad de San Luis Potosí, San Luis Potosí, se llevó a cabo el Concurso ExpoCiencias Nacional 2022, donde participó el proyecto emprendedor Hydro-Aid: Hidrogel para la curación de heridas superficiales.

Presentado por los estudiantes: Cecilia María Mexia Romero, Antonio Cárdenas Calvario, Santiago Romero Minchaca, con el acompañamiento del asesor Investigador Dr. Rubén Dario Cadena y la Maestra Ma. de Lourdes Serrato del área de negocios. En este evento obtuvieron la acreditación para participar en el International Congress of Young Researchers 2023 a efectuarse en Zaragoza España. #

¡Muchas Felicidades a todos los participantes  
y a sus asesores!

“Nanitos se van a España”

"Goya, Goya, ... UNIVERSIDAD"



# ¡Biometano a partir de aguas residuales!

## El rol del carbono activado dopado con nanopartículas conductoras

M. A. Armenta-Gutierrez, V. A. Burboa-Charis, M. Orrantia, L. A. Alvarez-Valencia

Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), Sonora.

miguel.armenta@itson.edu.mx, luis.alvarez@itson.edu.mx

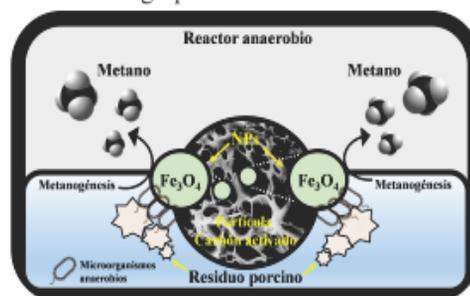
En México, la contaminación por residuos de origen agropecuario continúa generando serios desafíos de origen ambiental, sobre todo aquellos que impactan en la calidad del agua. Aunque existen dependencias y normas (por ejemplo, CONAGUA y NOM-001-SEMARNAT-2021) que regulan la calidad del agua, dicho problema se agrava aún más en territorios donde su disponibilidad se vuelve cada vez más limitada y en donde su consumo, por supuesto, continúa al alza, por ejemplo, en regiones áridas y semiáridas de México. En el estado de Sonora, el crecimiento económico generado por la alta demanda en la agroindustria ha promovido una mayor producción de aguas residuales, ocasionando consigo descargas con altos niveles de materia orgánica, materia en suspensión y amoníaco, que sin duda alguna deterioran y/o afectan el ambiente.

Afortunadamente, varias tecnologías emergentes a nivel experimental se han venido desarrollando para minimizar este tipo de contaminación en nuestra localidad, entre las más conocidas, los procesos de digestión anaerobia. En los procesos de digestión anaerobia se requieren condiciones libres de oxígeno, microorganismos anaerobios y diferentes tipos de reactores para tratar desechos con alta concentración de compuestos orgánicos. Dentro de un proceso de digestión anaerobia se puede generar biocombustibles gaseosos como el hidrógeno y metano, siendo este último el compuesto que mayor demanda tiene en el sector energético debido a su mayor proporción en los productos de reacción de la digestión anaerobia.

Comúnmente, un proceso de digestión anaerobia, que consta de las etapas 1) hidrólisis, 2) acidogénesis, 3) acetogénesis y 4) metanogénesis, se ve favorecido cuando en la mezcla de reacción se utiliza carbón activado, debido a que este presenta propiedades microestructurales adecuadas que promueven una mejor conversión y selectividad del residuo agroindustrial hacia biometano, siendo los primeros tres pasos esenciales para generar una atmósfera rica en precursores químicos para la metalogénesis, es decir, producción de biometano [1-2]. Entre algunas de las propiedades más destacadas del carbón activado se encuentran: 1) alta estabilidad térmica, 2) elevada área superficial que favorece la retención de la biopelícula microbiana, 3) adecuada porosidad que asiste el crecimiento microbiano y 4) alta movilidad de transferencia de electrones entre las especies. Además, el carbón activado puede ser sintetizado a partir de residuos de origen vegetal o mineral de

nuestra propia localidad. Aunque todos los puntos juegan un rol muy importante para la producción de biometano, escasos estudios se han llevado a cabo para evaluar la sinergia de la reacción de digestión anaerobia con las propiedades microestructurales del carbón activado impregnado con materiales conductores (por ejemplo, óxidos de metales de transición).

La tendencia en las investigaciones de procesos avanzados de tratamientos de aguas residuales a partir de la digestión anaerobia radica en que pueden ser mejorados utilizando nanomateriales biofuncionales a base de carbón activado dopado con  $Fe_3O_4$  debido a la cualidad que ejerce el Fe para llevar a cabo procesos de transferencia directa de electrones entre especies (DIET, por sus siglas en inglés) entre los distintos microorganismos ubicados en la superficie del carbón activado [3]. En ese sentido, actualmente en el ITSON (Instituto Tecnológico de Sonora) se están desarrollando pruebas experimentales utilizando aguas residuales de origen porcino provenientes de industrias locales para ser tratadas con materiales a base de carbón activado local e impregnado con diferente carga metálica de  $Fe_3O_4$  para su aplicación en procesos avanzados de digestión anaerobia, además de correlacionar los resultados de la biocatálisis con las propiedades microestructurales de los materiales utilizando técnicas de microscopía y espectroscopía. Dicha investigación, podría servir como plataforma para generar biometano en distintas zonas de México donde la contaminación del agua sigue estando presente debido al alto consumo y descarga que genera la industria agropecuaria. #



[1] Ziganshina EE, Belostotskiy DE, Bulygina SS, Ziganshin AM. Influence of granular activated carbon on anaerobic co-digestion of sugar beet pulp and distillers grains with solubles. *Processes* 2020; 8: 1226. <https://doi.org/10.3390/pr8101226>.

[2] Romero RM, Valenzuela EL, Cervantes FJ, García-Reyes RB, Serrano D, Alvarez LH. Improved methane production from anaerobic digestion of liquid and raw fractions of swine manure effluent using activated carbon. *Journal of Water Process Engineering* 2020; 38: 101576. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101576>.

[3] Song X, Liu J, Jiang Q, Zhang P, Shao Y, He W, Feng Y. Enhanced electron transfer and methane production from low-strength wastewater using a new granular activated carbon modified with nano- $Fe_3O_4$ . *Chemical Engineering Journal* 2019; 374: 1344 - 1352. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.05.216>.

# La espectroscopía Raman en las misiones de exploración planetaria

Sulem Celina Calderón García<sup>1,2</sup>, Patricia G. Núñez Pérez<sup>1</sup>  
Laboratorio de Astrobiología IA-UNAM-Ensenada, Tecnológico de Boca del Río<sup>2</sup>  
sulemcalderon@astro.unam.mx / pgnunez@astro.unam.mx



Figura: Fotografía del astronauta Tim Peake y el rover Rosalind Franklin, por Ben Stansall.

La espectroscopía Raman (RS) es una herramienta quimiométrica empleada en la caracterización de materiales orgánicos e inorgánicos, con el fin de identificar de manera cuantitativa los compuestos químicos y sus características moleculares, procesando la información obtenida de la interacción entre la radiación y la materia, en función de la longitud de onda ( $\lambda$ ).

Su mecanismo consiste en la incidencia de un láser como fuente de excitación ( $\lambda$  632.8, 514 o 785 nm), sobre una muestra. Cuando el fotón colisiona con los átomos produce una excitación en la nube de electrones, estos, que ya poseen frecuencias de resonancia características, pueden ganar o perder energía, modificando la  $\lambda$  del fotón emitido, a esto se le conoce como dispersión de fotones [1].

La fracción de luz dispersada o señal Raman se guía mediante fibra óptica hasta un espectrógrafo que separa las distintas  $\lambda$  para que sean leídas por un detector capaz de medir la intensidad de las señales Raman a partir de las cuales se obtiene un espectro característico para cada molécula [2].

Posee grandes ventajas frente a otras técnicas, ya que pueden evaluarse sólidos y líquidos con precisión, permite examinar muestras muy pequeñas con una manipulación sencilla sin preparación especial y lo más importante, no es una técnica destructiva, por ello, se ha considerado una herramienta esencial para la caracterización química y estructural de muestras geológicas en las misiones de exploración planetaria in-situ [3].



**Fig. 2 Rover Perseverance en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA en Pasadena, California.**

Se propuso por primera vez su utilización en la misión ExoMars de ESA, quien equiparía el rover Rosalind Franklin con un Espectrómetro Láser Raman que se encargará de realizar múltiples análisis mineralógicos del regolito Marciano a 2 m de profundidad (Fig. 1), así como la misión Mars 2020 de la NASA, a cargo del rover Perseverance (Fig. 2), el cual opera con dos espectrómetros que usan la técnica de RS a bordo, Sherlock, con un UV-Raman localizado en el brazo del rover, diseñado para la detección de compuestos orgánicos y SuperCam, con un espectrómetro que funciona de manera remota.

Ambos son los mejores equipados hasta el momento, naciendo con ellos una nueva generación de misiones de exploración espacial, con el objetivo de buscar evidencia de vida ya sea presente o pasada. No es que la espectroscopía no se haya empleado con anterioridad, de hecho, los descubrimientos que se han realizado en Marte, han sido gracias a los espectroscopios, que en conjunto permitieron su reconstrucción geológica y el descubrimiento de que pudo haber sido habitable en el pasado.

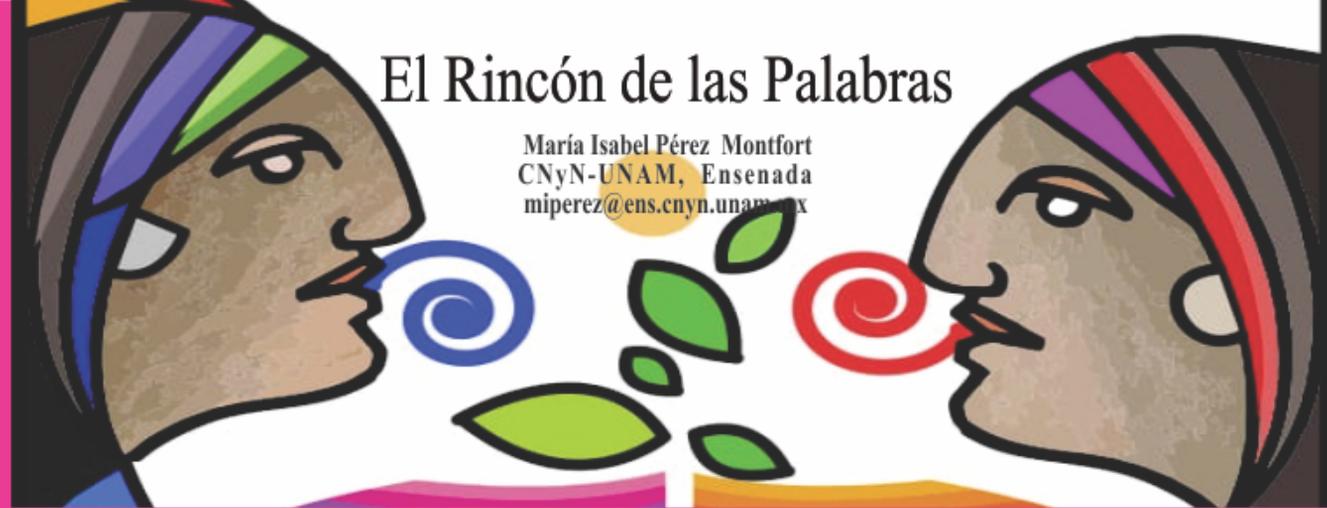
Pero más allá de Marte, la RS ha sido seleccionada entre las técnicas necesarias para la exploración de Fobos, Luna de Marte, y Europa, Luna de Júpiter, para la semicuantificación de las sales de su superficie [4]. Por el papel fundamental que desempeñará la RS en las misiones de exploración planetaria, sigue mejorando la técnica y se busca maximizar su rendimiento científico. #

#### Referencias

- [1] Gutierrez, V., Otero, J. (2014). Espectroscopía Raman: Fundamento y Aplicaciones.
- [2] Villanueva, A., Castro, J., Ortiz C. (2013). Raman spectroscopy and its applications. *Óptica Pura y Aplicada*. 46 (1) 83-95. <http://dx.doi.org/10.7149/OPA.46.1.83>
- [3] López, G., Rull, F., et. al. (julio, 2019). RAMAN spectroscopy and the instrument for the characterization of soil on in-situ planetary missions. Ninth International Conference on Mars. Pasadena, California.
- [4] Veneranda, M., Manrique, J., et. al. (2022). Application of chemometrics on Raman spectra from Mars: Recent advances and future perspectives. *Journal of Chemometrics*. <https://doi.org/10.1002/cem.3438>

# El Rincón de las Palabras

María Isabel Pérez Montfort  
CNyN-UNAM, Ensenada  
miperez@ens.cny.n.unam.mx



## La ajetreada vida de la lengua

Imagen: Google Images/creativelibrary.com/stockphoto.com/interactiva/944  
por la evolución de los lenguajes digitales como en el caso de los emojis

A leer este artículo estás participando en un maravilloso fenómeno del mundo natural: la comunicación a través del lenguaje. Con palabras expresamos nuestras experiencias de la vida, ideas, sentimientos, contamos historias o recitamos poesía. Tan entrelazado está el lenguaje con nuestra existencia que es difícil imaginar cómo sobreviviríamos sin él. Hablamos hasta cuando no tenemos con quién hablar: solos, con las mascotas, las plantas o los objetos, y no nos parece extraño.

Adquirimos este motor de la comunicación a una edad muy temprana y pronto nos damos cuenta de que podemos hacer muchas cosas con él. Cuando niños disfrutábamos secretamente inventando palabras o idiomas que no entendieran los papás. La costumbre de usar ciertas palabras distintivas ya sea regionales o especializadas, persiste a lo largo de la vida. Nos complace compartirlas con ciertos clanes que las entienden; pueden ser términos que se usan en un país, una región o una comunidad, en una profesión, un deporte, una familia o entre un par de hermanos.

Quizá algunos jóvenes recuerden un lenguaje que usaban hace algunos años los adultos para hablar en clave frente a la gente menuda. Se le llamaba “hablar con fa”, y consistía en insertar entre cada sílaba el sonido fa, fe, fi, fo o fu, según la vocal de la sílaba. Por ejemplo, *lafa sofopafa efes defe efespifinafacafas; nofo lefes difigafas afa lofos nifiñofos*.

Hoy en día, usamos con creciente frecuencia un nuevo lenguaje pictográfico: los emojis o emoticones – “pequeñas imágenes o iconos digitales que se usan en las conversaciones electrónicas para representar una emoción, un objeto o una idea”(1). Al reconocer la abrumadora ola de su arribo, hubo preocupación por que el idioma degenerara. Lejos de eso, los emojis han enriquecido la comunicación con sutilezas que, al ser bastante limitado nuestro vocabulario, no atinamos a expresar rápidamente en un mensajito.

Hay temas en los que la invención de palabras ocurre muy aprisa, por ejemplo, las referentes al amor o a la borrachera.

¿Por qué éstas sí proliferan y otras no tanto? Acaso porque son actividades con cierto o mucho tabú, acciones que no se nombran en forma directa, su uso requiere sigilo. Al inventar nuevos términos quedan al margen las personas que no se deben enterar, por lo menos momentáneamente.

La inventiva de glosario es muy abundante en el caso de los insultos. ¿Qué nos lleva a idear cúmulos de nuevas palabras para maldecir? Es un tema interesante de investigación lingüística, biológica y médica. Se ha propuesto que la blasfemia nos permite descargar el enojo y proporciona una ventaja evolutiva para protegernos del daño físico. Retrasa o, en el mejor de los casos, impide un ataque real. Algunos estudios médicos(2) muestran que, al maldecir, disminuyen los niveles de cortisol, lo que reduce el estrés, y aumenta la serotonina, generando bienestar y relajación.

El origen de los insultos es muy antiguo. En tiempos no tan lejanos se usaban, por ejemplo, cebollín, ceporro, mastuerzo, papafrita, pelele o piedra. Son chistosos, pero desafortunadamente han caído en desuso. No estaría mal sustituir los insultos que usamos por otros(3) que también nos pongan de buen humor.

Los lexicógrafos estudian las metamorfosis del lenguaje, su evolución, las variaciones del significado de las palabras y sus cambios en el tiempo. Desparecen palabras, a veces por siglos, y renacen en nuevos contextos; por ejemplo, **arroba**. Se incorporan términos de otros idiomas; por ejemplo, **email**. Se añade un nuevo significado a uno ya existente al cambiar su contexto de uso; por ejemplo, **viral**. Y se prevé que los emojis que, por cierto, todavía no llegan a la literatura, no tardarán en aparecer en los libros. #

(1) Diccionario de la Real Academia Española

(2) <https://cnnespanol.cnn.com/2021/01/27/por-que-decir-palabrotas-es-un-signo-de-inteligencia-ayuda-a-controlar-el-dolor-y-mas/>

(3) <https://www.revistagq.com/la-buena-vida/articulos/221-insultos-en-castellano-que-deberias-saber/19728>.

Gaceta Digital  
Gaceta Actual / Gacetas Anteriores  
en la siguiente dirección:

[http://www.astrosen.unam.mx/divulgacion/index.php?option=com\\_content&view=article&id=22](http://www.astrosen.unam.mx/divulgacion/index.php?option=com_content&view=article&id=22)

<https://www.facebook.com/GacetaE>

**PRÓXIMO EVENTO**

**GACETA ENSENADA NO. 44**

CNyN-IA-OAN-UNAM-Ensenada, Baja California, México



Próximo evento:



# Casa abierta: Día de la Tierra 2023



Ciudad Victoria



## Fotografías Casa Abierta 2022



**8 DE MARZO DE 2023**

**CNYN-UNAM, ENSENADA, B. C.**

**SE CONMEMORA EL DÍA INTERNACIONAL DE LA MUJER,**

**2023**

**MUJERES ACADÉMICAS, ADMINISTRATIVAS Y ESTUDIANTES.**





UNAM

---

Instituto de  
Astronomía



**UNAM**

---

**Instituto de  
Astronomía**