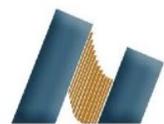


**39<sup>a</sup>**  
EDICION

# Gaceta Ensenada



## VELEROS SOLARES





#### DIRECTORIO UNAM

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers  
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
Secretario General

Dr. Luis Alvarez Icaza Longoria  
Secretario Administrativo

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa  
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 Iñiguez  
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. Mauricio Reyes Ruíz  
Jefe del Observatorio Astronómico Nacional,  
Instituto de Astronomía,  
Campus Ensenada, B.C.

Consejo Editorial  
Ing. Israel Gradilla Martínez  
Ing. Alma Lilia Maciel Angeles  
D. G. Norma Olivia Paredes Alonso  
Dr. Tomás Verdugo González (Coordinador)

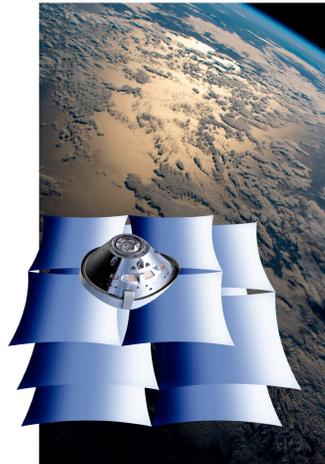
Diseño  
Dr. Tomás Verdugo González

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:  
gaceta-eda@astro.unam.mx  
nparedes@cnyunam.mx



#### Nuestra portada Gaceta Ensenada No. 39 CNyN-IA-OAN-UNAM



La portada muestra una representación artística de una nave espacial hipotética propulsada por velas solares. Aunque esto ya es una realidad, hasta ahora este concepto ha sido solo probado para naves muy pequeñas. Crédito de la imagen: Juan Carlos Yustis/IAUNAM

## CONTENIDO

3. ¿Cuál es el fundamento ético de la responsabilidad social?
4. ¿En dónde están los números?
5. 50 años de operatividad del OAN-SPM.
6. El Homo cosmicus, un nuevo eslabón en la cadena evolutiva.
7. Aprendizaje automatizado en catálisis: de la propuesta a la aplicación.
8. Nanomedicina: Sinergia entre la nanotecnología y nuevos enfoques clínicos.
9. La física de nuestro origen.
10. El manto celeste de Guillermo Haro.
11. Sistemas de depósito hechos en casa: retos y logros.
12. Veleros solares.
14. El cultivo celular como herramienta clave de nanotoxicología: parte 1 cultivos *in vitro*.
15. Método sonoquímico.
16. Estructuras primarias, secundarias y terciarias de los heteropolíacidos tipo Keggin: ubicación de los protones superácidos y generación de acidez de Lewis.
17. Innovación de textiles.
18. Ensamblajes atómicos sobre nanoestructuras 1D.
19. Amplificando el Universo VI: de solsticios y equinoccios.
20. Cuasi-SMILES: hacia la predicción de actividad de nanomateriales.
21. Bionanoreactores en tándem camuflados, activables y terapéuticos para la teragnosis del cáncer de mama.
23. Efemérides y aniversarios.
24. Rincón de las palabras. Editar el genoma humano.

# ¿CUÁL ES EL FUNDAMENTO ÉTICO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL?

*María de Lourdes Serrato de la Cruz*

*CNyN-UNAM, Ensenada / U. Anáhuac (pa\_lourdes@ens.cnyn.unam.mx)*

El presente ensayo tiene como objetivo analizar el fundamento ético de la Responsabilidad Social. Discutiremos la importancia para los individuos de los valores morales, las costumbres, la responsabilidad y la educación. Para después realizar una reflexión sobre la ética y distinguir las aportaciones de Aristóteles y como sus ideas y conceptos siguen siendo objeto de estudio y análisis, incluso en carreras como la Licenciatura en Nanotecnología.

Desde principios de la humanidad el actuar de los individuos ha estado influenciado por sus valores morales personales, que se le han inculcado desde el seno familiar, por las costumbres de la sociedad y la educación que recibe; toda esta formación en su conjunto, forma el carácter y la manera de responder de las personas ante diversas situaciones que se le presentan en la vida, que en algunos casos puede tener consecuencias positivas o negativas, tanto en su vida personal como en la comunidad donde se desenvuelve y en la sociedad en general. Por tal motivo, a través de la historia han existido diferentes corrientes del estudio de la ética, las cuales se han dedicado a definir este concepto, su finalidad y su relación con los valores, la educación, la responsabilidad, y cómo éstos se manifiestan en el comportamiento humano individual, organizacional y social, a través de las acciones. En este sentido, las distintas corrientes han realizado análisis desde diferentes perspectivas, influenciadas por la época, lugar, fecha y autores, con el objetivo de generar conocimiento que puedan facilitar su comprensión, proceso de enseñanza, aplicación, y difusión. Uno de los autores que generó grandes aportaciones en la época medieval fue Aristóteles, con sus escritos sobre *Ética*. En su libro, *“Ética Nicomáquea Ética Eudemia”* traducido por Julio Pallí Bonet (Editorial Gredos 1985) dice: “La reflexión de por sí nada mueve, sino la reflexión por causa de algo y práctica; pues ésta gobierna, incluso, al intelecto creador, porque todo el que hace una cosa la hace con vistas a algo” (libro VI p. 269).

Aristóteles trata de reflexionar y entender la ética desde el comportamiento humano, en la praxis y la educación, separándola en campos de estudio como la felicidad, la amistad, las virtudes éticas, la responsabilidad moral, los actos voluntarios e involuntarios, continencia e incontinencia, la virtud intelectual, la justicia y la equidad. En base a lo anterior, puedo decir que la responsabilidad social



tiene su base en este análisis sobre la ética, y actualmente sigue siendo objeto de estudio e investigación, encaminado hacia el progreso de la humanidad, en búsqueda de encontrar soluciones a los problemas económicos, sociales y ambientales que estamos viviendo a nivel mundial.

Estas reflexiones también formaron las bases para que el día de hoy, las Instituciones de Educación Superior (IES) como parte de su gestión de la Responsabilidad Social Universitaria, incorporen algunas asignaturas relacionadas con temas de ética. Como es el caso de la Licenciatura en Nanotecnología del CNyN-UNAM, que durante la formación académica de sus estudiantes, se imparte la materia de Nanoética, que tiene como objetivo “fortalecer la vocación humana y profesional en la conciencia de dignidad, el deber y el ejercicio de la libertad, a través del conocimiento de la ética y el entendimiento de sus responsabilidades. Con la finalidad de que puedan comprender las implicaciones éticas y sociales de la nanotecnología” (ver plan de estudios en la página: <https://nanolic.ens.cnyn.unam.mx/>). Así mismo, también se imparten las asignaturas de Desarrollo Sostenible, Nanotecnología y Sociedad I y II, con el propósito de formar profesionales que sean agentes de cambio comprometidos con la sociedad, el medio ambiente y su comunidad, para la generación de un bien común.

Referencias:

[https://nanolic.cnyn.unam.mx/sitio/wp-content/uploads/2016/03/Obl\\_0304.pdf](https://nanolic.cnyn.unam.mx/sitio/wp-content/uploads/2016/03/Obl_0304.pdf), recuperado el 24 de febrero de 2021.

Aristóteles *“Ética Nicomáquea Ética Eudemia”* traducido del griego al español por Julio Pallí Bonet, Ed. Gredos 1985.

Imagen recuperada 03 de noviembre de 2020 <a href="https://www.freepik.es/vectores/negocios">Vector de Negocios creado por freepik - www.freepik.es</a>

# ¿EN DÓNDE ESTÁN LOS NÚMEROS?

Arturo Gamietea Domínguez

JUBI-UNAM-CNyN

arturo@cnyun.unam.mx

Tuve la fortuna de ser invitado a una escuela preprimaria a platicar con los niños sobre algunas demostraciones de fenómenos físicos.

Al llegar a la escuela los niños atendían a su maestra, quien hablaba sobre la importancia de los números: “Los números son muy importantes porque si vas a la tienda tienes que hacer bien las cuentas para que no te cobren de más”.

Los niños no se impresionaron por tal declaración, incluso la menospreciaron al comentar que eso le correspondía a su mamá, ella es quien paga. La insistencia de la profesora al decir que cuando llegaran a ser grandes, ellos tendrían que pagar; tampoco los interesó, demasiado tiempo a esa edad; no causa una impresión alguna en los pequeños.

Al ser matemático y “metiche” entré a auxiliar a la profesora sin que me lo pidiera, aseguré con voz fuerte...” Los números están en todas partes”; dos cosas hicieron que los niños pusieran mucha atención, ¿quién decía eso?, nunca lo habían visto en la escuela y ¿cómo que los números están en todos lados y no los vemos?

“Yo tengo muchos amigos que son números”, aseguré, ¿cómo puede ser amigo de los números? Preguntaron varios niños. “Tengo un amigo que es número y tienen un nombre que si lo repites te mandan al baño”. La curiosidad de los niños y de la profesora llegaron al máximo, “mi amigo número se llama Pi”.

¿Por qué si repites su nombre te mandan al baño? Dijo una de las niñas. Le pedí que dijera dos veces seguidas el nombre de mi amigo y ella dijo “PiPi”, todos los niños soltaron una carcajada y no faltó que de entre ellos uno dijera: “pues ve al baño”.

Les dije: “mi amigo Pi está escondido en todos los círculos” y sin que lo pidiera ellos empezaron a buscar y a señalar círculos, entre ellos: platos, mesas, partes de botellas, lámparas, su lista era interminable y aproveché para decirles que mi amigo Pi, valía tres catorce dieciséis, lo repetí varias veces y finalmente formaron un coro que durante al menos 3 minutos cantaban rítmicamente “tres catorce dieciséis”.

Cuando acabó el “canto”, un niño con mucha seguridad, tanta que me impresionó, dijo “dime en qué parte de mi cuerpo están los números”. No me esperaba ni el reto ni la actitud, pero me dio mucho gusto vivirlo. Le dije “te voy a hacer varias preguntas, me vas a contestar, pero no debes nombrar números,

si a una de las preguntas que te haga puedes contestar sin decir números, te doy un regalo”.

Todo el grupo puso atención al desafío, quizá con la esperanza de que pudieran contestar y ganarse un premio, ¿cuántos ojos tienes, cuántas narices, cuántos dedos en las manos, cuántas piernas, cuántos cabellos en la cabeza, cuál es tu edad, cuál es tu peso, cuánto mides...? El retador quedó abrumado, pero todos los demás muy entusiasmados hacían ver que había números en todos lados, “tengo tres hermanos, la casa en donde vivo tiene un número, tengo dos perros, mi hermanita tiene dos años”... la lista fue interminable y la emoción de los niños no tenía límite, la búsqueda de números continuó por mucho tiempo más.

Quiero creer que algo semejante le pasó a Euler cuando en su fórmula:

$$e^{i\omega} = \cos(\omega) + i \sin(\omega)$$

Sustituí *por* y despejé, con lo que obtuvo:

$$e^{-i\pi} + 1 = 0$$

Que es una joya matemática porque comprende números básicos de varias ramas de las matemáticas, como la teoría de números, trigonometría, variable compleja y análisis.

Él sabía que los números además de estar en todos lados, también están relacionados asombrosamente.

# 50 AÑOS DE OPERATIVIDAD DEL OAN-SPM

Marco Arturo Moreno Corral\*  
Instituto de Astronomía-UNAM, Ensenada  
arturomorenocorral@gmail.com



El pasado 20 de febrero se cumplieron 50 años de que el telescopio de 1.5 m del OAN-SPM comenzó sus labores de investigación. En la noche de aquel día de

1971 el que esto escribe, comenzó a utilizarlo junto con el fotómetro 5C de Johnson, para realizar fotometría fotoeléctrica de estrellas Am, que el Dr. Eugenio Mendoza Villarreal (†), le encargó observar como parte de las labores para las que fue contratado. Originalmente el 1.5 m estuvo en el Catalina Observatory de la Arizona University localizado a 29 km al nordeste de Tucson, pero como parte de su colaboración con los astrónomos mexicanos, el Dr. Harold L. Johnson (†) lo trasladó al Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, entonces en desarrollo, a donde llegó en 1970. Durante el verano de ese año fue armado bajo la dirección del Dr. Johnson y con la participación de varios estudiantes de la Facultad de Ciencias de la UNAM, que habían ido a trabajar sus tesis de licenciatura con ese notable astrónomo. Este fue el primer telescopio que operó regularmente en el OAN-SPM produciendo datos científicos, pues su temporada inicial de observación comenzó precisamente en la fecha arriba señalada, cuando Marco Arturo Moreno Corral y Salvador González Bedolla (†), iniciaron un programa de fotometría UBVR1 de estrellas Am, que tras meses de observación, permitió a Mendoza publicar varios artículos que aparecieron en la Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (1), así como la presentación de la tesis escrita por Bedolla para obtener su licenciatura en física.

El espejo original de este telescopio era metálico y no producía imágenes puntuales, lo que a Johnson no le importó al diseñarlo, pues lo único que buscaba era tener un colector de luz que permitiera enfocarla adecuadamente dentro del fotómetro. Aquellas imágenes estelares parecían amibas que danzaban en el campo del ocular. En cuanto al fotómetro, estaba equipado con una rueda que aceptaba los cinco filtros del sistema UBVR1, la cual había que mover manualmente a la posición de medición. Las partes fundamentales del fotómetro lo constituían dos fotoceldas; la RCA 1P21 para el rango espectral de

3000 a 6500 Å y la RCA 7102 cuya máxima sensibilidad está entre los 7000 y los 9000 Å, así como el amplificador, el cual fue diseñado por Johnson y posteriormente modificado por Roberto Ortega Martínez (†). Todo ello estaba contenido dentro de una caja metálica, que era refrigerada por hielo seco que el observador tenía que pulverizar por golpeteo, para llenarla cada cuatro horas, lo que permitía mantener las fotoceldas a temperaturas de  $-78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Los datos se obtenían a través de una cinta de papel perforada por un viejo teletipo, así como en rollos de papel milimétrico en los que un graficador mecánico de tinta líquida, marcaba las mediciones. El observador debía estar pendiente de ambos aparatos para hacer las notas correspondientes a cada estrella, lo que posteriormente permitiría compaginar la información para

realizar la reducción de los datos. Además, había que mover manualmente el telescopio a la posición de cada estrella, desplazar en cada caso la cúpula y estar pendiente de las condiciones atmosféricas. Todo ello lo hacía el astrónomo, pues no había ningún personal de apoyo.

Esos tiempos fueron de esfuerzos, incomodidades e incluso peligros, pero sentíamos que valía la pena lo que se estaba haciendo; un observatorio que cincuenta años después, sigue produciendo conocimiento.

Notas: \*Investigador jubilado del Instituto de Astronomía Campus Ensenada

Referencias:

1. Multicolor photometry of Metallic-line stars I. E. E. Mendoza & S. F. González B. RevMexAA vol. 1, 1974.

# EL HOMO COSMICUS, UN NUEVO ESLABÓN EN LA CADENA EVOLUTIVA

Eduardo F. Mora Chávez (lalo97\_05@comunidad.unam.mx)

Instituto de Astronomía-OAN-UNAM, Ensenada, Facultad de Medicina UNAM



Derivado del estudio de los cambios que presentan los astronautas a su regreso de las misiones espaciales de larga duración, se ha creado dentro de la comunidad médica espacial, una hipótesis sobre cómo serían los humanos que nazcan y evolucionen fuera del planeta tierra, a esta nueva especie se le ha denominado Homo cosmicus.

Debemos comprender que los cambios en este nuevo ser están determinados principalmente por la microgravedad a la que estaría sometida la especie. A continuación, se enumeran algunas características.

Se produciría una redistribución de los líquidos corporales hacia el hemicuerpo superior lo que resultará en una disminución del volumen de las extremidades inferiores, mientras que el rostro se encontrará edematizado.

En los viajes espaciales de larga duración se ha documentado una disminución del volumen sanguíneo de aproximadamente un litro, este evento provocaría, que el corazón disminuya también su volumen en un 15% aproximadamente, los cambios en este sistema cardiovascular se traducen en diferentes signos clínicos como la dilatación de venas en cuello y cara con disminución de los pulsos arteriales en miembros inferiores.

Además, se ha encontrado cambios en dos hormonas que sí tendrían importancia en nuestra nueva especie: por un lado, bajos niveles de testosterona y por otro, un aumento en la hormona del crecimiento (GH). En el caso de la primera, el resultado inmediato será una menor capacidad reproductiva, mientras que, en el caso de la GH, se esperaría un aumento de estatura.

El tórax se acortaría, debido a una elevación del diafragma de unos 5 cm, además habría una

ampliación de los espacios intercostales con el consecuente aumento del diámetro anteroposterior. Los cambios en las presiones de la circulación pulmonar y en el árbol traqueobronquial darían como resultado una ampliación del área alveolar con un intercambio gaseoso a nivel pulmonar más eficiente.

Algunos de los cambios más notables se encuentran en el sistema musculoesquelético, donde se destacaría una disminución de la fuerza en los músculos antigravitatorios, como los paravertebrales, pélvicos y de miembros inferiores, que se encargan de mantener la posición de pie, el ortostatismo (levantarse) y la marcha. La columna vertebral perdería sus curvaturas normales con el consecuente aumento de estatura, pues los discos intervertebrales se ensancharían al no soportar peso alguno.

Uno de los puntos de mayor controversia gira en torno al sistema vestibular (del equilibrio) y los órganos propioceptivos que son estimulados por la gravedad, cuya función podría desaparecer, quedando la orientación a cargo casi exclusivamente de la visión, al menos hasta que aparezca una nueva forma de equilibrio y orientación.

Un dato de gran interés es que las bacterias en microgravedad aumentan su capacidad patógena, son más resistentes a los antibióticos, se reproducen con mayor rapidez y se redistribuyen en el organismo. Claro ejemplo es el caso de *E.coli*, que se ha encontrado en sitios como faringe y vías respiratorias, cuando su sitio de colonización habitual es el intestino; esto, aunado a la depresión del sistema inmunitario por disminución de los linfocitos T, traería como consecuencia un aumento de las infecciones bacterianas.

Finalmente, se estima que el proceso de envejecimiento se retrase en el espacio, y que los adelantos en la medicina en suma de las nuevas condiciones ambientales hagan posible una esperanza de vida de hasta 150 años, donde las causas más frecuentes de muerte serán el proceso mismo de envejecimiento, los accidentes y las infecciones bacterianas, así como las patologías condicionadas por la radiación cósmica.

Referencias: Iglesias-Leal, R. (2016). Perfil del hombre cósmico. En *Medicina Espacial* (1.ª ed., pp. 73-84). Intersistemas Editores. ([https://www.anmm.org.mx/publicaciones/CAnivANM150/Medicina\\_Espacial.pdf](https://www.anmm.org.mx/publicaciones/CAnivANM150/Medicina_Espacial.pdf))

Referencia Imagen: Makhmutov, R. (s. f.). [Project type]. <https://roman.makhmutov.com/page/commercial/advertising/>

# APRENDIZAJE AUTOMATIZADO EN CATÁLISIS: DE LA PROPUESTA A LA APLICACIÓN

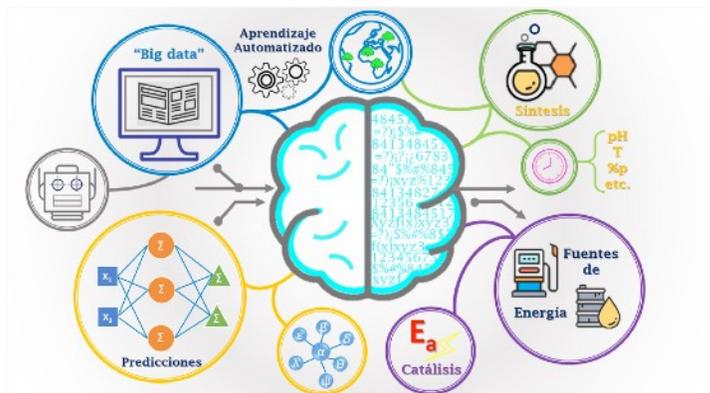
Perla J. Sánchez López, Joel Antúnez-García ( perlaroe@cnyun.unam.mx )

CNyN-UNAM, Ensenada

La demanda mundial de combustibles limpios y la transición a energías limpias para lograr “cero emisiones de carbono” ha generado un gran interés tanto en la industria energética como en la comunidad científica. La Catálisis es un área que contribuye significativamente a la resolución de este tipo de problemas o demandas, a través del desarrollo de catalizadores más activos, selectivos, sustentables y de bajo costo de producción. Es por ello que tanto la determinación de los parámetros óptimos para mejorar el desempeño catalítico de estos materiales como los procesos para generar fuentes de energía alternas, continúan siendo un desafío y temas importantes en el campo de la Catálisis.

La inteligencia artificial (*Artificial Intelligence, AI*) a través del aprendizaje de máquinas o aprendizaje automatizado (*Machine Learning, ML*) ha avanzado en la integración de la información y la realización de predicciones rápidas utilizando la tecnología “big data”. Esta rama de la *AI*, está siendo usada para acrecentar el conocimiento de las ciencias básicas y aplicadas, por ejemplo en la ciencia e ingeniería de materiales y la Catálisis. Recientes investigaciones [1], han mostrado que se puede emplear *ML* para la optimización y el diseño de nuevos catalizadores. Como es sabido, durante la síntesis de estos materiales se estudian diversos parámetros para mejorar sus propiedades catalíticas. En la práctica, las metodologías para la preparación de catalizadores se desarrollan con intuición química y repetición experimental, lo que implica un consumo de recursos económicos, equipo de laboratorio, tiempo y energía. El consumo de estos recursos se puede reducir si se explora, filtra y ordenan resultados que ya existen en la literatura científica. Generalmente la información esta dispersa en una enorme cantidad de artículos que no es posible revisar en un tiempo razonable. Sobre todo, cuando las demandas de catalizadores exigen tiempos de producción cada vez más cortos.

La integración de *AI* en el campo de la Catálisis se encuentra en una etapa muy temprana. La principal tarea en la integración de estas dos áreas es proceder a la adquisición de datos, almacenamiento, caracterización y selección del modelo de predicción. Se deben identificar las variables dependientes e independientes, los predictores, etcétera; al mismo tiempo que se definen los parámetros de síntesis de los catalizadores (por ejemplo: temperatura, pH, presión y tipos de precursores químicos), para lograr un mejor desempeño catalítico. Después de esta selección se procede a la caracterización de los datos. Finalmente se establece un modelo predictivo y se



evalúa su rendimiento. Dentro de los tipos de algoritmos o modelos más empleados para realizar predicciones se encuentran: la regresión lineal múltiple, las redes neuronales artificiales, las máquinas de vectores de soporte y métodos de árboles de decisiones, entre otros.

Ohyama *et al.*[2] emplearon *ML* para diseñar y seleccionar los mejores catalizadores para la reacción de acoplamiento oxidativo de metano a baja temperatura. El experimento consistió en la síntesis y evaluación de 58 catalizadores, de los cuales los parámetros más importantes fueron clasificados y recolectados. La predicción a través de *ML no supervisada* arrojó el grupo de catalizadores más activos en la reacción estudiada, además de la predicción de otros catalizadores, los cuales fueron validados experimentalmente. Los autores concluyeron que el *ML* no sólo predijo cuales fueron los mejores catalizadores; sino que además proporcionó las mejores condiciones para el desarrollo de un mejor material.

¿La *AI* puede contribuir a la resolución de problemas en catálisis? La respuesta es sí. Se ha observado que **el aprendizaje automatizado**, además de proveer de buenas predicciones, también abre novedosas perspectivas para el desarrollo de mejores y nuevos materiales catalíticos; a través de nuevas estrategias para el diseño de los mismos.

[1] Schlexer Lamoureux, P., Winther, K. T., Garrido Torres, J. A., Streibel, V., Zhao, M., Bajdich, M., Abild-Pedersen, F., & Bligaard, T. (2019). Machine Learning for Computational Heterogeneous Catalysis. *ChemCatChem*, 11(16), 3581–3601. <https://doi.org/10.1002/cctc.201900595>

[2] Ohyama, J., Kinoshita, T., Funada, E., Yoshida, H., Machida, M., Nishimura, S., Uno, T., Fujima, J., Miyazato, I., Takahashi, L., & Takahashi, K. (2021). Direct design of active catalysts for low temperature oxidative coupling of methane via machine learning and data mining. *Catalysis Science & Technology*, 11(2), 524–530. <https://doi.org/10.1039/d0cy01751e>

# NANOMEDICINA: SINERGIA ENTRE LA NANOTECNOLOGÍA Y NUEVOS ENFOQUES CLÍNICOS

Karla Oyuky Juárez Moreno (kjuarez@ens.cnyn.unam.mx)<sup>1</sup>, José de Jesús Rivera Sánchez<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>CNyN-UNAM, Ensenada / <sup>2</sup>Dirección de investigación Hospital General de México

La evolución de la medicina es vertiginosa, ha ido desde un escenario netamente tisular y anatómico, en donde la terapéutica se reducía a unos cuantos metales tóxicos, vitaminas e intervenciones quirúrgicas radicales; hasta la medicina celular y fisiológica, en donde el entendimiento de las moléculas y su manejo, nos abre un universo increíble que llamamos nanomedicina. Esta área tiene como elemento esencial a los nanomateriales, que nos brindan un sinnúmero de aplicaciones, aunque también es importante evaluar sus riesgos. Las características físicoquímicas de los nanomateriales están asociadas a su tamaño nanométrico, y los hacen excelentes plataformas para aplicaciones industriales y biomédicas. La nanomedicina conjunta los conocimientos de las nanociencias para resolver problemas de salud mundial, en particular de enfermedades crónicas. El enfoque primordial de la nanomedicina, ha sido el uso de los nanomateriales como nanoacarreadores de fármacos anticancerígenos[1]. Se calcula que la tasa de aprobación de formulaciones médicas para la oncología basadas en nanotecnología, es mucho mayor que los medicamentos convencionales. Por ejemplo, para la fase 1 se aprueban casi el 94% de los nanomedicamentos, debido a la mejoría en su farmacocinética. El porcentaje de aprobación de las nanoformulaciones en la fase 2 es del 48%; mientras que para la fase 3 es del 14%. Por lo tanto, se calcula que el porcentaje de aprobación de una nanomedicina que inicia en la fase 1 es del 6%, lo cual es mucho mayor que el 3.4% que presentan los fármacos convencionales en la oncología [2].

Existen a la venta nanomedicamentos para el tratamiento oncológico, como Onivyde (Merrimack Pharmaceuticals) para el cáncer pancreático y Vyxeos (Jazz Pharmaceuticals) para la leucemia linfocítica aguda, el cual está compuesto por nanoliposomas que contienen daunorrubicina y citarabina en una proporción 1:5; lo que mejora la farmacocinética y biodistribución de ambos fármacos, así como su entrega simultánea. Vyxeos sienta las bases para el diseño de nuevas formulaciones de nanoencapsulación de fármacos sinérgicos para el tratamiento de otros padecimientos. En el 2018, se autorizó Onpatro (Alynham Pharmaceuticals), que nanoencapsula ARN de interferencia (ARNsi), evitando su degradación *in vivo*, mejorando su capacidad de escape del sistema endocitótico y mejorando su entrega en el citoplasma celular. Con la contingencia por la pandemia del virus SARS-CoV-2, se aprobó el uso de una vacuna de ARN mensajero (ARNm) que codifica para la proteína “spike” del virus,

y que fue encapsulado en nanopartículas lipídicas, demostrando una elevada eficacia respecto de otros tipos de vacunas. Abriendo así, las posibilidades de que se desarrollen nuevas vacunas basadas en la entrega de ARNm usando nanopartículas como vehículos. Sin embargo, los enfoques de la nanomedicina no se deben restringir a los tratamientos oncológicos, se espera que la combinación juiciosa e inteligente de los nanomateriales con biomoléculas y fármacos actuando en sinergia, mejore significativamente la actividad farmacológica de ambos agentes, haciendo frente a desafíos terapéuticos actuales, no sólo en materia de oncología, si no en el tratamiento de enfermedades infecciosas y crónicas degenerativas.

Las excitantes vertientes de la nanomedicina, nos brindan evidencias en modelos celulares y animales sobre la capacidad de los diferentes nanomateriales para la regeneración tisular en piel, hueso y cartílago. Las futuras aplicaciones de los nanomateriales se vislumbran en órganos complejos como el hígado, en la regeneración del sistema nervioso central a nivel medular y aún más importante, cerebral, en un momento histórico y social en donde las enfermedades neurodegenerativas y el deterioro neurocognitivo rebasarán económica y medicamente los recursos de todos los sistemas de salud del planeta. De tal manera que la exploración y experimentación de esta tecnología es una prioridad. ¿Qué nos depara la nanomedicina en los próximos 50 años?



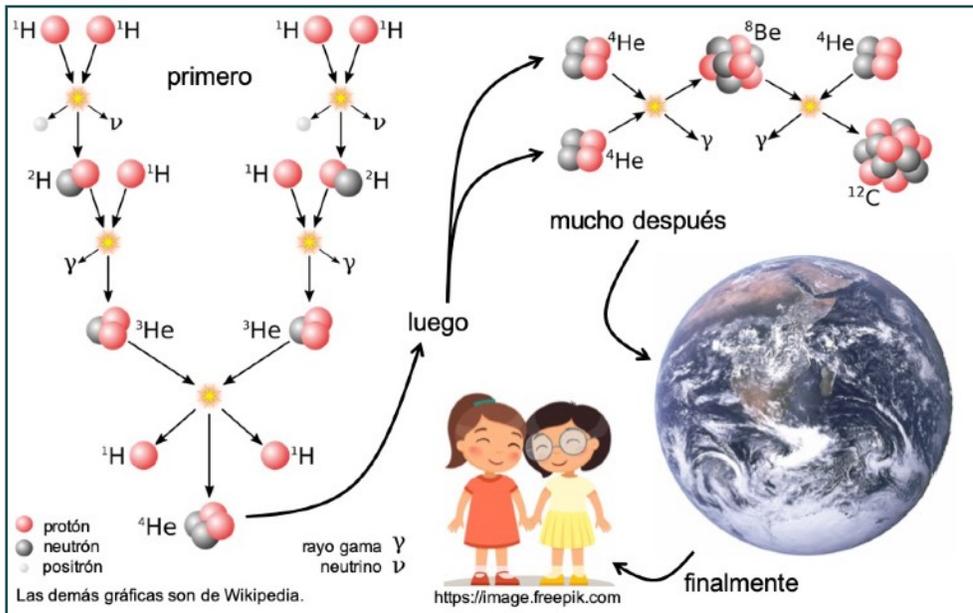
Referencias: 1. Germain, M., Caputo, F., Metclafe, S. et al., 2020. Delivering the power of nanomedicine to patients today. *Journal of Controlled Release*, 326:164-171.  
2. Lammers T. & Ferrari, M. 2020. The success of nanomedicine. *Nano Today*, 31: 1748-0132.

# LA FÍSICA DE NUESTRO ORIGEN

Michael Richer

Instituto de Astronomía-UNAM, Ensenada

richer@astro.unam.mx



más ligero y es el primer combustible que utilizan las estrellas, convirtiendo cuatro átomos de hidrógeno en uno de helio, aprovechando la ecuación famosa de Einstein,  $E = mc^2$ . Esta transformación ocurre en el centro de las estrellas, donde las temperaturas y densidades son suficientemente altas para que puedan proceder estas reacciones nucleares. Luego, cuando convierten todo el hidrógeno en su parte central en helio, combinan tres átomos de helio para producir uno de carbono. Si al carbono, se le agregan dos átomos de hidrógeno, se obtiene nitrógeno. Si, en lugar de agregarle estos átomos de hidrógeno al carbono, se le agrega uno de helio, se obtiene oxígeno. De esta manera, se

Existimos gracias a nuestros papás, pero el porqué de nuestra existencia va mucho más allá de las últimas generaciones. Los humanos aparecimos en la Tierra en el pasado reciente, mucho después de la extinción de los dinosaurios. Como toda la maravillosa variedad de la vida en la Tierra, somos producto del ambiente que nos provee nuestro planeta y nos conformamos de material común en la Tierra.

Resulta que más del 98% de la masa de la Tierra es compuesto por ocho elementos (hierro, oxígeno, silicio y magnesio, azufre, níquel, calcio y aluminio). La pequeña fracción restante se compone de todos los demás elementos conocidos. Esta composición química es muy distinta a la del Sol, donde el 98% de la masa es hidrógeno y helio. Es decir, los elementos que componen una pequeña fracción del Sol componen casi toda la masa de la Tierra!

Y, no es que el Sol tenga una composición química rara. La mayoría de las estrellas tienen una composición química dominada por hidrógeno y helio. Resulta así porque el gas en las galaxias, del cual se forman las estrellas, es casi completamente compuesto por hidrógeno y helio porque son los elementos que fueron fabricados en el "Big Bang", al inicio del universo. Entonces, ¿de dónde vienen los elementos más pesados que hidrógeno y helio que componen la masa de la Tierra?

Para brillar, las estrellas generan energía. Para hacerlo, combinan elementos ligeros para producir elementos más masivos. El hidrógeno es el elemento

generan átomos cada vez más masivos hasta producir hierro. Cuando terminan su evolución, las estrellas regresan parte de su material, incluyendo estos elementos nuevos, a su galaxia huésped y con ese material se forma la siguiente generación de estrellas (y sus planetas).

Podríamos pensar que las condiciones en el centro del Sol, una temperatura de 16 millones de grados y una densidad hasta 50 veces la de las rocas, permitirían cualquier reacción nuclear, pero no es así. Estas condiciones son *apenas suficientes* para permitir la fusión de hidrógeno en helio. Es más, procede solamente gracias a un aspecto inusual de la física del mundo microscópico, el reino de la mecánica cuántica. En este régimen, a escalas de un millón de millón de veces más pequeño que un milímetro, los átomos no se comportan como canicas que chocan, sino más bien como nubecitas de humo que pueden interpenetrarse o como burbujas que pueden deformarse y fusionarse. Es solamente gracias a este comportamiento especial que los átomos pueden fusionarse con las energías tan bajas que tienen en el interior de las estrellas.

Si no fuera así, si los átomos se comportaran como canicas, las estrellas tendrían que ser mucho más masivas y tener temperaturas mucho más altas para generar energía. Acabarían su combustible tan rápidamente que no daría tiempo ni siquiera para que se formara la Tierra, ni hablar de que aparezcamos nosotros... ¡Existimos gracias al comportamiento inusual de la mecánica cuántica en el mundo micro-microscópico de los átomos!

# EL MANTO CELESTE DE GUILLERMO HARO

*José Alberto López G*

*Instituto de Astronomía-UNAM, Ensenada*

*jal@astro.unam.mx*

México vive una etapa sombría, de oscurantismo humanista e intelectual. Nuestro presidente no cree en la ciencia ni en el trabajo de los científicos, denigra a los académicos, intelectuales y periodistas que no coinciden con él y limita la visión del crecimiento de nuestro país a su visión ideológica personal. La cultura nacional, ha sido relegada a un segundo plano y con ello, los orgullos de identidad nacional enflaquecen día a día ante una sociedad de valores confusos cargados de violencia e intolerancia. Los jóvenes no encuentran modelos de conducta a seguir, los no tan jóvenes tampoco. Pero no siempre México fue así. México fue forjado por generaciones de intelectuales dedicados en todos los campos del saber. Eran por definición “aspiracionistas”, aspirando por un mundo mejor para ellos, sus familias y su país. Parte de nuestra identidad cultural actual se forjó en las décadas de 1940-1950 con pintores como Rivera, Carrington, Siqueiros, y Kahlo. Músicos como Moncayo, Ponce, y Revueltas. Escritores como Paz, Villaurrutia, y Fuentes. Científicos como Sandoval Vallarta, Graef, Moshinsky, y Haro. Guillermo Haro fue un intelectual de esta época, lo menciono pues esta columna es sobre temas astronómicos y Haro fue astrónomo, gran descubridor de objetos celestes e impulsor de la ciencia en México. Estudió filosofía y leyes en la UNAM, reportero de Excelsior por un tiempo y científico de corazón. Luis Enrique Erro, otro grande de aquella generación y director del Instituto Nacional de Astrofísica de Tonantzintla, invitó a Haro a trabajar con él. Haro tuvo la oportunidad de entrenarse en astronomía en Harvard, Estados Unidos, tras lo cual se convirtió en el astrónomo principal de la cámara Schmidt de Tonantzintla. Con este telescopio, y una gran intuición científica, Haro descubrió estrellas ráfagas, nebulosas planetarias, galaxias azules, cuasáres y objetos indicadores de zonas de formación estelar llamados actualmente objetos Herbig-Haro en honor a los descubridores simultáneos de este fenómeno. Haro es probablemente el astrónomo mexicano que más objetos celestes ha descubierto. No solo era un cazador de estrellas y galaxias, era también un líder nato. Fundó el instituto de astrofísica óptica y electrónica de Tonantzintla (INAOE) sobre las bases del instituto de astrofísica y posteriormente el Instituto de Astronomía de la UNAM. Haro fue quien primero propuso la instalación del Observatorio



Astronómico Nacional en San Pedro Mártir y posteriormente la creación del observatorio del INAOE en Cananea. Guillermo Haro fue miembro del Colegio Nacional y recibió importantes premios y distinciones. Se casó con la escritora Elena Poniatowska quien escribió un libro póstumo titulado *La Piel del Cielo* en el cual relata de manera veladamente biográfica la vida con Haro como astrónomo y las dificultades que tiene la ciencia para obtener apoyos en países como el nuestro por razones frecuentemente políticas. Guillermo Haro fue una figura de personalidad fuerte, controversial a veces, decidido y emprendedor. Preocupado por su país, consiente de las desigualdades sociales, comprendía el papel de la educación en el desarrollo. Fue modelo de tesón y esfuerzo para los colegas y estudiantes que llegamos a conocerlo, y temer su carácter fuerte. Había lógica, principios éticos, orgullo e inspiración que trascendía en aquella generación que forjó el México moderno. Nos urgen ahora hombres y mujeres de ese calibre intelectual y humano que nos devuelvan ese país que sabemos escondido tras la violencia, la intolerancia, la intimidación y la falta de respeto al pensamiento educado, crítico y racional. Que nos cobijen con un manto celeste como el que inspiró a Haro a lo largo de su vida. El único camino es la educación, la buena educación de las nuevas generaciones, tarea que actualmente se presenta titánica; pero el México presente no es un buen legado.

Nota: Una versión de éste artículo se publicó en la columna Frontera Astronómica del periódico El Imparcial.

# SISTEMAS DE DEPÓSITO HECHOS EN CASA: RETOS Y LOGROS

*Raúl Campos Mendoza, Diana E. Vázquez Valerdi*  
*CNyN-UNAM, Ensenada / IC-BUAP*  
*raul.campos@cnyn.unam.mx*

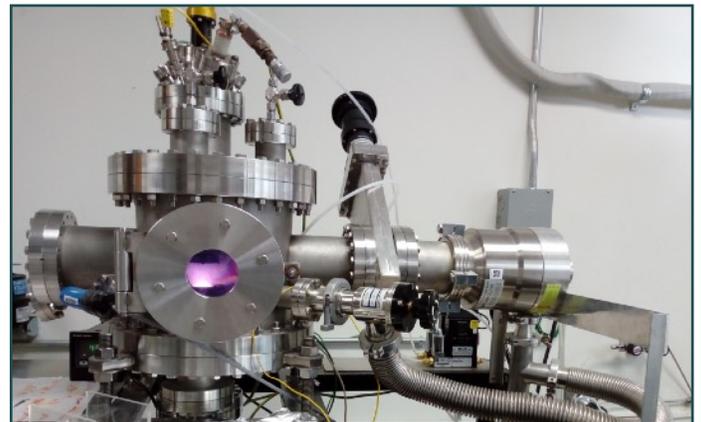


Actualmente, no es raro encontrar en los centros de investigación en nanomateriales en México, algún sistema de depósito hecho en casa, lo cual siempre implicará retos y logros a corto, mediano y largo plazo. La realización de cámaras fabricadas en casa es una práctica común debido al alto

costo involucrado en los sistemas ya integrados con características específicas que suelen ir de una a varias decenas de miles de dólares cuando las compañías ofrecen estas soluciones. Sin embargo, no todos los laboratorios cuentan con recursos económicos suficientes para adquirir este tipo de sistemas o en otros casos requieren características muy específicas no disponibles en el mercado. Es por ello que una opción es fabricarlo en casa, lo cual representa un reto de conocimiento técnico desde el planteamiento del sistema hasta la solución de los problemas técnicos durante la puesta en marcha.

Tomando como referencia el trabajo realizado para el sistema sputtering-RF del laboratorio de películas delgadas del CNyN-UNAM, podemos mencionar que el planteamiento del sistema involucra varias consideraciones técnicas como la selección de materiales a utilizar en la cámara de vacío, la forma y los puertos de entrada y salida; así como los respectivos métodos de sellado para lograr el alto vacío. Otro punto relevante son las bombas de vacío para alcanzar mediano y alto vacío y por supuesto la integración al sistema que no es tema menor. El sistema de enfriamiento toma relevancia al interconectar este con los diferentes dispositivos para evitar inicialmente un daño y después mantenerlos en un intervalo óptimo de operación para un mejor desempeño de estos y extender la vida de operación. Un bloque más de dispositivos a considerar y retador por la complejidad que puede llegar a tener es la parte electrónica, como sensores de y medidores de vacío, temperatura, fuentes de RF, elementos de acoplamiento con el magnetrón y sistemas de control asociados a estos dispositivos.

De lo anterior podemos deducir que debe de existir un dominio técnico de funcionamiento de los equipos para determinar la estructura física y materiales a utilizar, así como determinar cuáles serán los componentes eléctricos/electrónicos a emplear en la integración de un sistema completamente funcional. Por lo tanto, determinar la función específica de cada componente a utilizar e interpretar los datos técnicos para realizar el acondicionamiento físico o de señales es un punto clave para que el equipo pueda ser exitoso en su operación. Como referencia de ello es que el sistema sputtering-RF a cargo del Dr. Oscar Raymond Herrera actualmente es un sistema totalmente eficaz, el cual ha pasado eventualmente por etapas de funcionamiento y evaluación de resultados, donde sin lugar a duda se ha requerido de un nivel de conocimiento para determinar dónde encontrar las oportunidades de mejora y con los recursos disponibles optimizar el sistema planteado en un inicio para una puesta a punto óptima, lo que implica definitivamente la capacidad de obtener películas delgadas de algún nanomaterial con características y propiedades deseadas, como lo son la uniformidad, composición, estructura, morfología, así como propiedades ópticas y eléctricas.



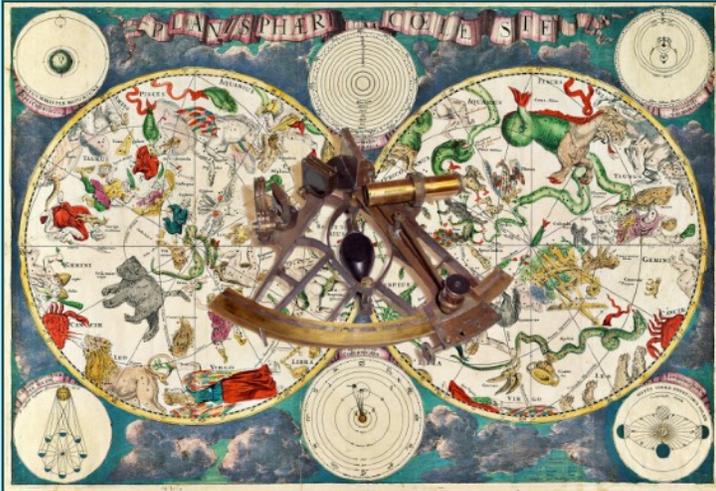
Podemos resaltar que se han obtenido con éxito dos materiales multiferroicos, el  $\text{SrRuO}_3$  y el  $\text{LaSrMnO}_3$ , esto gracias al trabajo del grupo de investigación liderado por el Dr. Oscar Raymond Herrera. Lo cual nos motiva a continuar con las mejoras técnicas al sistema, así como a continuar con la obtención de otros materiales multiferroicos que son parte fundamental de proyectos de cátedra, posdoctorales y tesis doctorales. Siempre con el fin de avanzar y estar a la vanguardia en la investigación optimizando los recursos disponibles, lo cual es otro reto importante siempre a considerar.

# VELEROS SOLARES

Luis Aguilar

Instituto de Astronomía-UNAM, Ensenada

aguilar@unam.mx



Seguramente has visto veleros navegar por el mar. Estas embarcaciones surcan las aguas movidas por el viento. Pero, ¿veleros solares? ¿Será acaso que hablamos de veleros cubiertos de celdas solares que generan electricidad? Pues no, nos referimos a naves que navegan por el espacio acarreadas por el viento solar. Te preguntarás, ¿es ésto posible? ¿No será algo sacado de la Ciencia-Ficción? Como veremos aquí, esto es algo que ya existe. Pero empecemos por el principio, por los veleros que surcan los mares.

De todos los medios de transporte que hemos inventado, la navegación a vela fue la primera que permitió realizar viajes a tierras muy lejanas. Hasta hace unos dos o tres siglos, la mayoría de las gentes vivía sin salir de una comarca de a lo más unos cuantos cientos de kilómetros alrededor de su lugar de nacimiento. Una excepción eran los mercaderes, diplomáticos y soldados. Pero aún ellos raramente realizaban viajes más allá de un par de miles de kilómetros. Por ejemplo, en la cadena comercial de la "ruta de la seda" entre China y Europa, el mercader que iniciaba el viaje en China, no es el que llegaba al destino final, sino que había muchos intermediarios. La otra excepción eran los marineros, que desde la antigüedad se lanzaban en viajes muy extensos: los Polinesios poblando las islas del Pacífico, los Árabes cruzando el océano Índico para comerciar con las regiones de la península de Indonesia, y los marineros Europeos a partir del descubrimiento del Nuevo Mundo. Los marineros de antaño, impulsados por el viento, fueron los primeros ciudadanos globales del mundo.

Otra característica única de la navegación a vela es que no requiere combustible: su potencia la extrae del viento. Cualquier otro medio de transporte requiere de algún tipo de combustible: carbón, gas, gasolina, diésel, electricidad, energía nuclear, etc. Además de su carga, los transportes deben acarrear consigo todo el combustible que necesitan para su travesía, o tener una red de suministro de combustible a lo largo de la ruta. Cuando se agota el combustible, el transporte se detiene. Por el contrario, mientras haya viento, un velero puede navegar. Esto los hace muy eficientes desde el punto de vista energético.

**Representación artística de una nave espacial hipotética propulsada por velas solares. Aunque esto ya es una realidad, hasta ahora este concepto ha sido solo probado para naves muy pequeñas. Crédito de la imagen: Juan Carlos Yustis/IAUNAM**



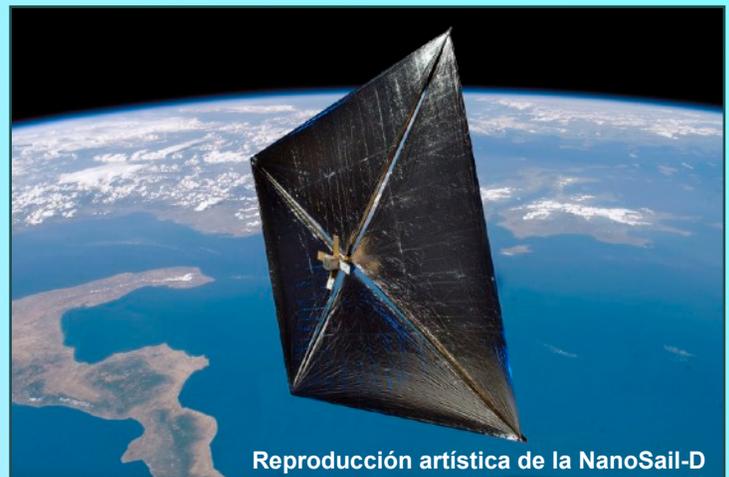
Pasemos ahora al ámbito espacial. Una nave espacial requiere no solo de una fuente de energía, sino también una fuente de impulso. En el mar, una embarcación es impulsada por la reacción del agua contra su propela. En tierra, un auto, o nosotros al caminar, somos impulsados por la reacción del suelo contra las llantas, o suelas de zapatos (imagina lo que pasa cuando hay poca fricción, como en un camino congelado). En el aire, los aviones son impulsados por la reacción sobre el avión del aire expelido a gran velocidad por los motores a reacción. Sin embargo, en el vacío del espacio una nave no tiene de "dónde agarrarse" para impulsarse. Tiene que llevar a bordo su propio propulsor en forma de algo que sea expelido a enorme velocidad por la tobera de su motor, para obtener un impulso hacia delante. Esto hace que además de una fuente de energía, un cohete deba llevar también una masa propulsora, aunque muchas veces un mismo combustible provee ambas funciones. Además, cuando se acaba el combustible, la nave queda a la deriva en el espacio, aunque el resto de sus instrumentos siga operando. El combustible es tal vez, la limitante más importante en los viajes espaciales.

Lo anterior hace que los cohetes sean naves espaciales extremadamente ineficientes desde el punto de vista de la masa útil que pueden acarrear. Estamos acostumbrados a ver naves espaciales donde la carga útil (ya sean astronautas, o satélites) son una parte muy pequeña de la masa total de la nave. ¿No sería muy bueno el poder navegar por el espacio sin necesidad de tener que acarrear una fuente de energía y una masa propulsora? Digamos, ¡como los veleros en el mar!

Aquí es donde entran los veleros solares. Los fotones, que son las partículas de luz, acarrear impulso. Entonces, la luz del Sol lleva impulso, mismo que puede ser aprovechado por una superficie que bloquee el paso de la luz, exactamente como una vela al viento. Claro que el impulso acarreado por fotones es minúsculo, por lo que se requieren velas con extensiones de kilómetros cuadrados y que, por otro lado, sean extremadamente ligeras. En la Tierra sería imposible construir una estructura así, pues se caería bajo su propio peso. Pero en el espacio, en un ambiente de microgravedad, una vela así puede desplegarse.

Otra posibilidad es utilizar el llamado “viento solar”. Este es un flujo de partículas como protones y electrones, que es emitido continuamente por el Sol. Estas partículas, al tener masa (a diferencia de los fotones que no tienen masa), acarrear mucho más impulso. Sin embargo, el viento solar, a diferencia de la iluminación solar, es variable y puede ser tormentoso, cuando hay fenómenos como ráfagas solares.

Claro que un velero solar es un medio de transporte lento, como los veleros en el mar. Aún con velas de kilómetros de extensión, la aceleración que podemos obtener de la luz o el viento solar es extremadamente pequeña comparada con la obtenida de un motor cohete convencional, pero es gratis e ininterrumpida: podemos seguir acelerando (o frenando al final del viaje) durante todo el trayecto. Un cohete, en cambio, imparte una enorme aceleración, pero solo durante unos minutos, sujetando a los astronautas o carga, a fuerzas enormes, por lo que los primeros deben estar en excelente condición física y los segundos deben ser muy robustos. Se estima que un velero solar tardaría alrededor de 2 años en viajar de la Tierra a Marte, mientras las naves propulsadas por cohetes lo hacen en alrededor de 8 meses. Esto pudiera verse como una desventaja insuperable, pero ¿y si no urge que la carga llegue a su destino? Por ejemplo, una vez establecida una colonia en Marte, podría establecerse un servicio regular de transporte de carga entre ambos planetas.



Reproducción artística de la NanoSail-D

Bueno, pero ¿existen los veleros solares?

La respuesta es ¡sí!

El 21 de Mayo de 2010, la Agencia Espacial Japonesa lanzó el satélite IKAROS, la primera misión espacial interplanetaria con propulsión a vela. Seis meses después, IKAROS arribó a Venus completando exitosamente la primera parte de su misión. Después de esto, la nave quedó en una órbita alrededor del Sol que los ingenieros Japoneses aprovecharon para ir aprendiendo a navegar a vela por el espacio. La masa de IKAROS era de 307 kg, de los cuales 16 corresponden a las velas, que tienen una superficie de 196 metros cuadrados y un grosor de tan solo 7.5 micras. Desplegó sus velas utilizando el efecto centrífugo al rotar. Utilizó celdas solares para generar energía eléctrica y paneles de cristal líquido de reflectividad variable para controlar su rumbo.

En Enero de 2011, la NASA probó exitosamente su propio velero solar: NanoSail-D2, realizando maniobras alrededor de la Tierra. Su carga útil era de 4 kg y su vela era de 10 metros cuadrados.

### ***Esto apenas inicia. ¿Qué nos traerá el futuro?***

#### Bibliografía.

1. “La Sociedad Planetaria probará por primera vez la propulsión por vela solar”. Globedia (2009). <http://ar.globedia.com/sociedad-planetaria-probara-vez-propulsion-vela-solar>
2. “Un velero por el espacio”. Periódico “El País” (2010). [https://elpais.com/sociedad/2010/05/21/actualidad/1274392807\\_850215.html](https://elpais.com/sociedad/2010/05/21/actualidad/1274392807_850215.html)
3. “Velas Solares”. NASA (2009). <https://pwg.gsfc.nasa.gov/stargaze/Msolsail.htm>
4. Wikipedia: “Vela Solar” (2021). [https://es.wikipedia.org/wiki/Vela\\_solar](https://es.wikipedia.org/wiki/Vela_solar)
5. “IKAROS funciona”. Naukas (2010). <https://danielmarin.naukas.com/2010/07/09/ikaros-funciona/>

# EL CULTIVO CELULAR COMO HERRAMIENTA CLAVE DE NANOTOXICOLOGÍA: PARTE 1

## CULTIVOS IN VITRO

Daniela Molina Estrada, Karla Oyuky Juarez Moreno  
CNyN-UNAM, Ensenada  
dmolina@ens.cnyn.unam.mx

La innovación en el diseño de nanomateriales (NMs) con aplicaciones biomédicas está en apogeo, pues son utilizados para mejorar métodos de diagnóstico, liberación de fármacos, en la ingeniería de tejidos y para el tratamiento de enfermedades crónicas e infecciosas. A pesar de los buenos resultados que los NMs tienen, también existe un riesgo asociado a su uso. Algunas investigaciones han constatado su seguridad, pero no todas se comprometen en hacer una evaluación toxicológica completa, y aún no se comprenden los mecanismos de acción que los NMs tienen en las células. Por eso es fundamental entender que las propiedades físicoquímicas de los NMs están correlacionarlas con su actividad biológica, y se deben evaluar los posibles riesgos para hacer mejoras pertinentes en su diseño y garantizar su bioseguridad. Aquí radica la importancia de la nanotoxicología, que se encarga de implementar metodologías robustas y reproducibles para determinar la toxicidad de los NMs mediante protocolos ordenados y sistemáticos. Los métodos más comunes para evaluar la toxicidad de los NMs son los estudios controlados en el laboratorio (*in vitro*), específicamente el cultivo celular, aunque también predomina la experimentación *in vivo* en modelos animales.

El cultivo celular permite comprender los procesos que los NMs desencadenan en alguna célula en particular. Esta técnica consta de varios pasos realizados en condiciones de asepsia, además del control de la temperatura a 37°C, el pH entre 7.0 - 7.4, la presión osmótica y una atmósfera de 95% de O<sub>2</sub> y 5% de CO<sub>2</sub>. Estos factores son elementales para preservar las células y manipularlas adecuadamente; es primordial que las células crezcan en presencia de soluciones ricas en nutrientes, conocidas como medios de cultivo. Estos contienen vitaminas, sales, minerales, proteínas y otros factores de crecimiento, cada uno es idóneo y específico para los requerimientos nutricionales de cada tipo de célula con la que se trabaje. Al medio de cultivo se le agrega una mezcla de antibiótico y fungicida, como método de prevención de contaminación por microorganismos. El cultivo celular es un procedimiento exclusivo de un laboratorio equipado con infraestructura de Bioseguridad nivel 2 y

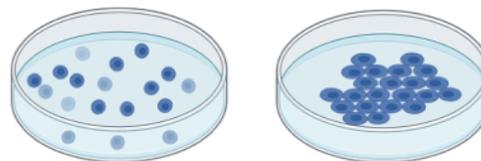


Figura 1. Cultivo celular en suspensión y adherido (monocapa).

buenas prácticas de laboratorio, para garantizar la seguridad del usuario y de los cultivos celulares.

Para evaluar los efectos toxicológicos de los NMs se utilizan células de muestras de tejido de ratones y humano (cultivo primario). Es posible aislar un solo tipo de célula y modificarla para otorgarle la capacidad ilimitada de división, por ello se les conoce como “líneas celulares inmortales”. Algunas de las células que se cultivan *in vitro* tienen la capacidad de crecer y mantenerse flotando en suspensión o bien adherirse a una caja Petri, formando algo conocido como monocapa de células (Figura 1).

Para los que trabajamos en el área de Nanotoxicología, usar técnicas de cultivo celular es sumamente valioso para entender cómo los NMs afectan la actividad, metabolismo, comportamiento y una gran variedad de respuestas dentro y fuera de las células!. El cultivo celular permite extrapolar nuestras investigaciones a modelos *in vivo*, para reducir el número de animales de experimentación, y posibilita el medir sustancias químicas y observar los cambios morfológicos y bioquímicos que sufren las células en tiempo real. Implementar el cultivo celular como clave para las pruebas de nanotoxicología debería ser una práctica obligatoria para informar los potenciales riesgos a la salud que pueden causar los NMs sintetizados, muchos de los cuales se comercializan sin ser correctamente legislados.

# MÉTODO SONOQUÍMICO

Víctor Alfredo Reyes Villegas, Jesús Isaías De León Ramírez  
CICESE / CNyN-UNAM, Ensenada

vreyes@ens.cnyn.unam.mx

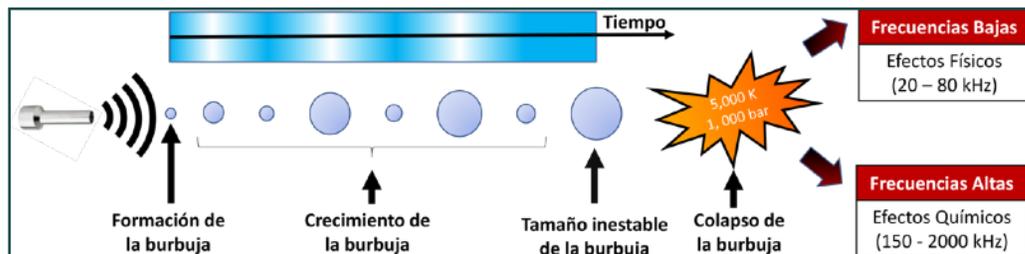


Fig. 1 Representación esquemática del fenómeno de cavitación acústica.

La sonoquímica ha atraído atención durante las últimas décadas. Las condiciones obtenidas en un medio sometido a ultrasonido pueden producir una serie de efectos fisicoquímicos, tales como aumento de la cinética de reacción, cambios en los mecanismos de reacción, efectos de emulsificación, cristalización, erosión, precipitación, entre otras. Normalmente es aceptado que las frecuencias bajas (20-80 KHz) conducen preferentemente a efectos físicos, mientras que las frecuencias ultrasónicas altas (150-2000 kHz) favorecen a la producción de radicales HO<sup>•</sup> en agua, lo cual produce principalmente efectos químicos (Fig.1). Las aplicaciones del ultrasonido se han reportado en varios campos de la química tales como química orgánica, preparación de materiales, electroquímica, extracción, remediación ambiental, etc.[1].

Hay dos tipos de reacciones sonoquímicas, la sonoquímica homogénea que resulta de la formación de radicales o radicales intermediarios, mientras que la sonoquímica heterogénea es influenciada principalmente a través de efectos mecánicos de cavitación. En la homogénea el ultrasonido puede acelerar reacciones químicas produciendo radicales libres en la solución. Esto lleva a la descomposición de moléculas de oxígeno y agua y la generación de radicales H y HO:  $H_2O \rightarrow H^{\bullet} + HO^{\bullet}$ . Estos radicales se pueden recombinar para regresar a su forma original o combinarse para producir H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Los oxidantes y reductores generados dan lugar a las varias reacciones sonoquímicas que ocurren en la solución acuosa[2].

Mientras que en la sonoquímica heterogénea el fenómeno más importante en las reacciones es la cavitación acústica. Para este sistema, la oscilación tiene lugar en la dirección de la onda y produce ondas longitudinales. Esto hace que la capa de líquido más cercana a la fuente de ultrasonidos se desplace, lo que luego hace que otras capas vecinas se desplacen de manera iterativa, por lo que las capas se comprimen. Cuando algunas capas se comprimen, otras se expanden. Estas variaciones de posiciones y

presión hacen que los enlaces entre las moléculas se estiren, por lo que se forma un espacio vacío como una burbuja que se llama cavidad. Cuando las moléculas intentan recuperar su posición inicial, hacen que estas cavidades colapsen. Este fenómeno genera ondas de

choque de alta energía que cambian significativamente la morfología y la distribución del tamaño. Esta energía es suficiente para la nucleación inicial [3].

La energía ultrasónica es utilizada para el procesamiento de cuero, entrega de fármacos, limpieza de equipo industrial, colisiones interpartículas, acoplada a reacciones electroquímicas y para la síntesis de metales, polímeros, compuestos orgánicos y partículas semiconductoras[2].

Algunas investigaciones explican cómo usar el ultrasonido para influir en las propiedades de los cristales, aunque se desconoce el mecanismo principal de cristalización con las ondas de ultrasonido. Existen cuatro hipótesis propuestas:

- 1.- El enfriamiento durante la expansión de la burbuja induce un aumento de la sobresaturación local que conduce a la nucleación de cristales en las proximidades de las burbujas; en el caso de un producto con una solubilidad que aumenta con la temperatura.
- 2.- Las altas presiones modifican una sobresaturación local y pueden promover la nucleación en el caso de producto con una solubilidad que disminuye con la presión.
- 3.- El disolvente se evapora y da forma a burbujas que implican un aumento en la concentración de solutos que conduce a un aumento de la sobresaturación.
- 4.- Grandes gradientes de presión que aparecen cerca de la burbuja al final del colapso podrían segregar el soluto del disolvente, durante un tiempo muy corto al final del colapso[3].

Debido a la información anterior y que el método sonoquímico es considerado un método rápido, que con modificaciones simples en las condiciones de reacción puede generar cambios importantes en el material, investigar esta metodología es una opción interesante.

[1]G. Chatel, L. Novikova, and S. Petit, "How efficiently combine sonochemistry and clay science?," *Applied Clay Science*, vol. 119, Elsevier Ltd, pp. 193-201, Jan. 01, 2016. doi: 10.1016/j.clay.2015.10.019.

[2]M. Dehghani and A. Tadjrodi, "Formation and characterization of zeolite Y-platinum nanoparticles by rapid method of ultrasonic irradiation and investigation of its electrochemical property," *Journal of Nanostructures*, vol. 10, no. 3, pp. 486-496, Jun. 2020. doi: 10.22052/JNS.2020.03.005.

[3]S. Askari, S. Miar Alipour, R. Halladj, and M. H. Davood Abadi Farahani, "Effects of ultrasound on the synthesis of zeolites: A review," *Journal of Porous Materials*, vol. 20, no. 1, pp. 285-302, Feb. 2013. doi: 10.1007/s10934-012-9598-

# ESTRUCTURAS PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y TERCIARIAS DE LOS HETEROPOLIÁCIDOS TIPO KEGGIN: UBICACIÓN DE LOS PROTONES SUPERÁCIDOS Y GENERACIÓN DE ACIDEZ DE LEWIS

Ramesh Kumar Chowdari, Jorge Noé Díaz de León, Sergio Fuentes Moyado  
 CNyN-UNAM, Ensenada (chowdarirameshkumar@gmail.com)

Los polioxometalatos conocidos como heteropoliácidos (HPA) son uno de los catalizadores ácidos prometedores utilizados en catálisis heterogénea. Entre los HPA, el tipo Keggin tiene ácidos de Bronsted muy fuertes y propiedades redox que pueden ajustarse variando la composición química. La fórmula general para los HPA tipo Keggin es  $[(X)_x(Y)_yO_z]^{n-}$  ( $y > x$ , heteroátomo(X)=P/Si/As/Ge, átomo de adición (Y)=Mo/W/V/Nb/Ta). Los HPA y sus sales forman cristales iónicos, compuestos de aniones heteropoli, contracciones ( $H^+$ ,  $H_3O^+$ ,  $H_5O_2^+$ ,  $M^{n+}$ ), etc. La estructura jerárquica de los HPA sólidos es importante para comprender su actividad catalítica, teniendo subestructuras (primaria, secundaria y terciaria, ver Figura 1) [1]. La estructura primaria es el anión heteropoli en sí mismo  $[(X)_x(Y)_yO_z]^{n-}$  es decir, estructura Keggin. La disposición de la estructura primaria junto con las contracciones forma la estructura secundaria; ésta es flexible, pero depende de la cantidad de agua de hidratación, el contra catión y el heteropoli anión.

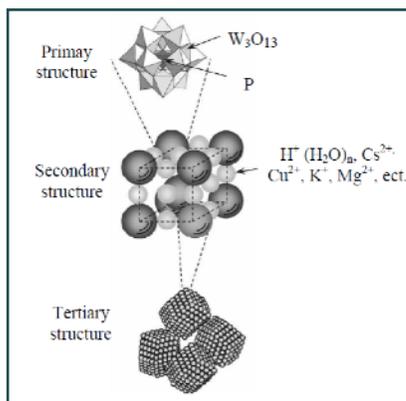


Figura 1 Estructuras jerárquica de heteropoliácidos en estado sólido, primarias, secundarias y terciarias.

Los agregados de estructuras secundarias dan la estructura terciaria. Esto explica la formación de partículas sólidas y se relaciona con propiedades como el tamaño de las partículas, su área, la estructura de los poros y la distribución de los protones en las partículas. La estructura de los HPA es crucial en la comprensión y diseño de catalizadores heterogéneos. Podría parecer una idea simple, pero ayuda al progreso de la investigación en catálisis con HPA.

Esto explica la formación de partículas sólidas y se relaciona con propiedades como el tamaño de las partículas, su área, la estructura de los poros y la distribución de los protones en las partículas. La estructura de los HPA es crucial en la comprensión y diseño de catalizadores heterogéneos. Podría parecer una idea simple, pero ayuda al progreso de la investigación en catálisis con HPA.

**Ubicación de protones en heteropoliácidos de Keggin.** Se han determinado dos tipos de protones en los HPA sólidos: protones hidratados  $[H(H_2O)_n]^+$  y protones no hidratados. La ubicación de los protones en los HPA ha sido muy estudiada [2]. Los protones hidratados poseen una alta movilidad y son responsables de la conductividad protónica extremadamente alta de los hidratos de heteropoliácidos cristalinos. Los protones no hidratados tienen menos movilidad y se ha sugerido que se localizan en los oxígenos periféricos del polianión en una de las posiciones, es decir, en

oxígenos puente M–O–M ( $M=O_y$ ) (compartición de bordes y esquinas) [3]. También pueden existir como "protones libres" sin una ubicación definida. En los heteropoliácidos cristalinos sólidos, los protones, hidratados o no hidratados, participan en la formación de la estructura cristalina, uniéndose a los heteropoli aniones vecinos. Por ejemplo, en el hexahidrato cristalino relativamente estable de  $H_3PW_{12}O_{40} \cdot 6H_2O$ , los sitios de protones en el bulto se representan como iones diacuahidrógeno ( $H_5O_2^+$ ), que son especies con enlaces de hidrógeno casi planas, cuasi simétricas que unen cuatro aniones heteropoli vecinos formando enlaces de hidrógeno con el oxígeno terminal ( $M=O$ , ver Figura 2).

**Generación de acidez de Lewis.** La estructura secundaria de los HPA posee iones contrarios y iones Keggin primarios. Cuando los contraiones, se reemplazan por iones metálicos polivalentes (ácido de Lewis) como  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ , etc., se podrían generar los sitios ácidos Lewis. Al elegir la relación HPA/ $M^{n+}$ , se puede ajustar la acidez de los HPA. Por ejemplo, cuando los protones de  $H_3PW_{12}O_{40}$  se intercambian con  $Fe^{3+}$ , la fórmula del catalizador resultante es  $Fe_xH_{3-x}PW_{12}O_{40}$  (donde  $x \leq 3$ ). Así, variando la composición de Fe en el HPA, se puede ajustar la acidez Bronsted y Lewis del catalizador. De manera similar, cuando los protones se reemplazan por  $Cs^+$ , la fórmula del catalizador resultante es  $Cs_xH_{3-x}PW_{12}O_{40}$  (donde  $x \leq 3$ ). Sin embargo, en el intercambio de protones con  $Cs^+$ , solo se puede ajustar la acidez Bronsted. Por tanto, con la incorporación de iones metálicos polivalentes en la estructura secundaria: i) se puede ajustar la acidez de los HPA, y ii) se podrían superar inconvenientes de los HPA, como baja

solubilidad en disolventes polares y áreas superficiales bajas.

#### Referencias:

- [1] M. Misono, K. Sakata, Y. Yoneda, W.Y. Lee, Proc. 7th Int. Congr. Catal. Tokyo (1980) 1047–1059.
- [2] A. Vimont, A. Travert, C. Binet, C. Bichon, P. Mialane, F. Secherresse, J.C. Lavalley, J. Catal. 241 (2006) 221–224.
- [3] M.J. Janik, R.J. Davis, M. Neurock, J. Phys. Chem. B 108 (2004) 12292–12300.

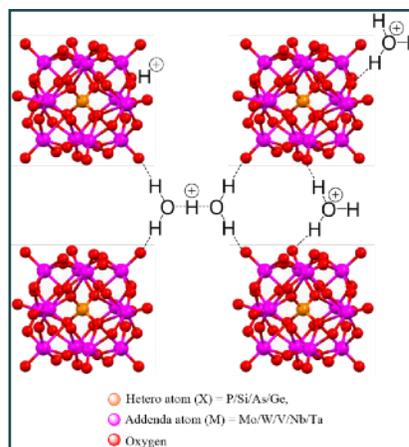
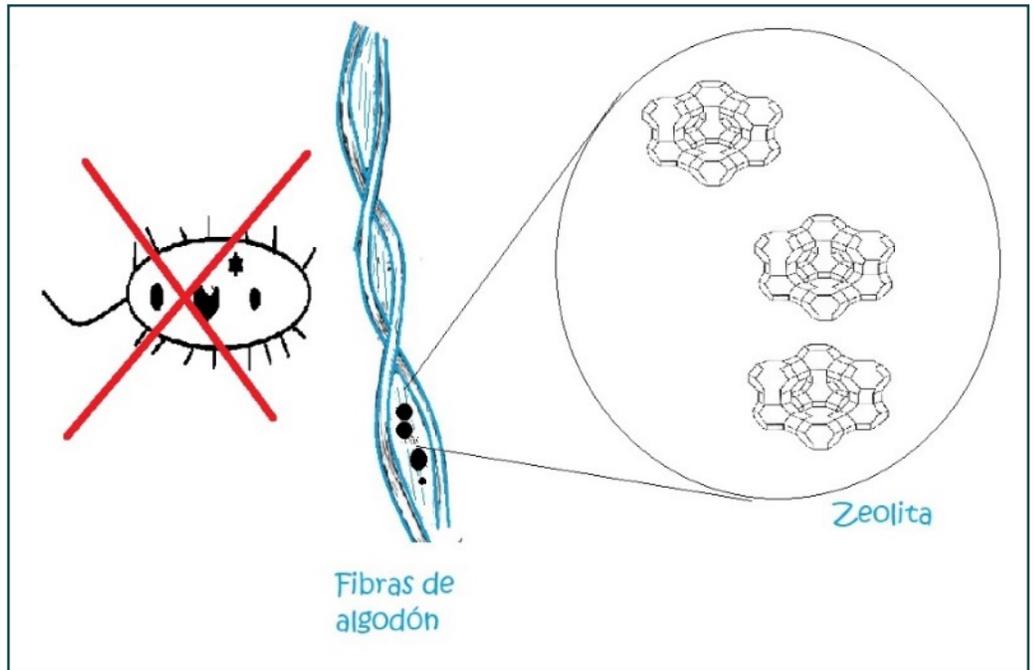


Figura 2 Estructuras esquemáticas propuestas para los estados de protones ácidos y agua en sólido  $H_3PW_{12}O_{40} \cdot nH_2O$  ( $0 < n \leq 6$ ).

Actualmente la contaminación de prendas y aditamentos derivados del petróleo suele ser preocupante, ya que dependemos de estos productos, lo cual es alarmante. Tenemos opciones de fabricar materiales y prendas poco contaminantes, materiales renovables y biodegradables, p. ej. la lana. Sin embargo, la superficie de la lana es de naturaleza hidrofóbica debido a su capa lipídica superficial ligada, presentando baja humectabilidad. Lo cual limita su capacidad de transportar calor y humedad fuera del cuerpo, además de algunas otras desventajas como la tinción y la adquisición de cargas estáticas[1].



El enfoque actual radica en la creación de materiales menos contaminantes y con capacidades mejoradas, es ahí donde la nanotecnología entra en juego. Uno de los materiales estudiados en esta área son las estructuras zeolíticas, que son partículas de  $\text{AlO}_4$  y  $\text{SiO}_4$  ordenadas en tetraedros conectados por átomos de oxígeno, que cumplen diversas funciones en diferentes industrias ambientales y de catálisis. Estas estructuras son porosas, sobre las cuales se pueden soportar otros materiales y optimizar su funcionamiento. Las zeolitas pueden ser excelentes candidatos para el mejoramiento de propiedades textiles ya que pueden optimizar la capacidad de adsorción de humedad, aportar protección contra rayos UV y proporcionar efectos antimicrobianos. Además de ofrecer mayor resistencia mecánica, capacidad de tinte y además son objeto de estudio para la contaminación radioactiva. Es necesario investigar el uso de las zeolitas en los textiles como una herramienta ideal para la protección y seguridad personal[2].

Hoy en día existen múltiples microorganismos que suelen ser peligrosos para la sociedad en general. Los cuales nos obligan a crear múltiples barreras y mecanismos que nos ayuden a mitigar esta problemática. Se han desarrollado varios tipos de materiales y productos con el objetivo de eliminar las fuentes de patógenos, tanto virales como bacterianos. Un claro ejemplo de ello es el gran auge que está teniendo la nanotecnología en la creación de nuevos materiales que cumplan con esta función.

La principal barrera artificial de los humanos contra agentes patógenos del medio ambiente es la ropa. Incorporar zeolitas en textiles como el algodón no solo mejora sus propiedades físicas sino también sus propiedades antimicrobianas. Por lo tanto, el uso de zeolitas o zeolitas combinadas con materiales antimicrobianos puede ser de gran ayuda para frenar contagios o la propagación de microorganismos que se encuentren en el ambiente.

Los textiles mejorados con zeolitas no han sido muy estudiados, con el interés y rapidez suficientes para explotar todo su potencial. Por lo cual, la investigación de estos materiales debe de ser una rama esencial, con el propósito de que en un futuro cercano se nos permita portar textiles en nuestra vida diaria con fines de protección.

## Referencias

[1] R.S. Carran, A. Ghosh, J.M. Dyer, The effects of zeolite molecular sieve based surface treatments on the properties of wool fabrics, *Appl. Surf. Sci.* 287 (2013) 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.09.181>.

[2] A.M. Grancaric, I. Prlic, A. Tarbuk, G. Marovic, Activated natural zeolites on textiles: Protection from radioactive contamination, *NATO Sci. Peace Secur. Ser. B Phys. Biophys.* (2012) 157–176. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0576-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0576-0_8).

# ENSAMBLAJES ATÓMICOS SOBRE NANOESTRUCTURAS 1D

Hugo A. Borbón-Nuñez\*, Javier López\*, David Domínguez, Gerardo Soto, Hugo Tiznado  
CNYN-UNAM-Ensenada / \*Cátedras CONACYT  
hborbon@ens.cnyn.unam.mx

El diseño y la síntesis de materiales a escala nanométrica es actualmente una de las ramas más activas dentro de la nanociencia. La definición de nanomateriales engloba aquellos en los que al menos una de sus dimensiones se encuentra en el rango de la nanoescala, es decir, entre 10 y 100 nanómetros. La cualidad más importante y sorprendente de esta nueva familia de materiales es el desarrollo de importantes propiedades dependientes del tamaño cuando sus dimensiones alcanzan el rango nanométrico. El auge experimentado por la investigación en el campo de los nanomateriales en los últimos años pone de manifiesto las potenciales aplicaciones de estos materiales en muy diversos sectores tanto de la sociedad como de la industria.

Con el fin de cumplir con los requerimientos científicos y tecnológicos actuales se ha optado por el desarrollo de una nueva línea de investigación basada en la ingeniería de superficies de nanomateriales, produciendo de esta manera mayores ventajas en las propiedades de los materiales sin perder las características de estos.

El uso de técnicas de síntesis de vanguardia que permitan el control del espesor de los materiales a escala nanométrica es fundamental para el preciso control de los procesos de nucleación de los materiales que se desean sintetizar. Debido a lo anterior, la técnica de depósito por capa atómica (ALD), permite realizar ensamblajes atómicos homogéneos y conformales, así como un control preciso de espesores. Además, cabe señalar que la técnica ALD permite el depósito de espesores ultradelgados (< 1 nm), ideal para realizar estudios de mecanismos de reacción de precursores químicos sobre las superficies orgánicas[1].

El desarrollo de nanomateriales unidimensionales (1D), actualmente es un área de importancia tecnológica, principalmente en la industria nanoelectrónica, lo cual a su vez es el resultado de la

creciente demanda por miniaturizar dispositivos electrónicos, tanto para uso diario como para aplicaciones cada vez más específicas[2].

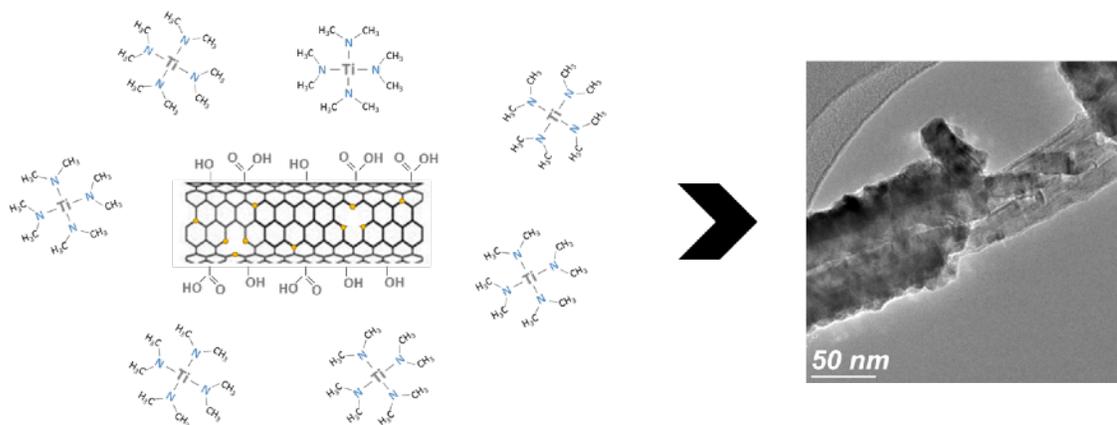
Una estrategia utilizada para el desarrollo de este tipo de nanoestructuras 1D es el utilizar sustratos con la estructura deseada como plantillas removibles[3]. Esta alternativa permite el desarrollo de una diversidad de materiales con diferentes propiedades. La clave para lograr recubrimientos homogéneos y con propiedades modulables, es utilizar técnicas de síntesis precisas, así como combinar moléculas y superficies químicamente compatibles, es decir, que generen un crecimiento epitaxial continuo a nivel atómico sobre toda la superficie del sustrato.

Un material utilizado como plantilla de sacrificio son los nanotubos de carbón, los cuales, debido a la naturaleza de la red grafitica que los compone, son atractivos para realizar ensamblajes 1D, ya que en ellos es posible anclar moléculas que funcionan como sitios activos para generar una interacción selectiva de las moléculas precursoras con la superficie.

Actualmente el estudio de los procesos ALD de la interacción de superficies y moléculas precursoras de metales de transición, es un tema que aún se encuentra en proceso de desarrollo. En los últimos años, en el grupo de ingeniería de superficies del CNYN, hemos logrado el ensamblaje de óxidos metálicos sobre nanotubos de carbono, así como el estudio de las primeras etapas de crecimiento de dichos materiales sobre superficies grafiticas, con el uso de la técnica de ALD, así como técnicas espectroscópicas [4, 5].

**Agradecimientos:** Los autores agradecen el financiamiento otorgado por CONACYT a través de los proyectos FORDECYT 272894 y Ciencia Básica A1-S-26789, A1-S-21323 y A1-S-21084.

**Referencias:** [1] Liu M (2012). *Nanoscale* 4:1522–8.  
[2] Xia YN (2003) *Adv Mater* 15:353–389.  
[3] Joshi RK (2012) *Chem Soc Rev* 41:5285  
[4] Borbón-Nuñez HA (2017) *Powder Technol* 308:249–257.  
[5] D. Domínguez (2018) *J. Mater. Sci.* 53: 2005–2015



# AMPLIFICANDO EL UNIVERSO VI: DE SOLSTICIOS Y EQUINOCIOS

Tomás Verdugo González ( [tomasv@astro.unam.mx](mailto:tomasv@astro.unam.mx) )  
Instituto de Astronomía-OAN-UNAM, Ensenada

Figura 1. Foto de analema tomada entre 1988 y 1999. ([commons.wikimedia.org/wiki](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Analema.jpg))



Si miramos en una dirección fija, por ejemplo hacia una montaña todos los días, viendo la posición del Sol a la misma hora, nos daremos cuenta que su posición cambia. Con el paso de los días el Sol se desplaza, en ocasiones en dirección al sur y en otras al norte (ver figura 1). La figura que se forma en forma de ocho se llama

analema. En realidad nuestro planeta Tierra es quien se mueve alrededor del Sol, y la inclinación del eje de nuestro planeta (23 grados y medio) en combinación con dicho movimiento produce el efecto. ¡Y también es causante de las estaciones!

Durante los equinoccios el Sol se sitúa en el plano del ecuador celeste (ver figura 2), y cuando esta en dicha posición, este se mueve más rápido día con día (su proyección en el cielo, es decir, como nosotros lo vemos desde la Tierra). En las fechas en que se producen los equinoccios, el día tiene una duración aproximadamente igual a la de la noche. De hecho, la palabra equinoccio tiene su origen en el latín, de *Aequinoctium* [aequus, nox], es decir, “noche igual”. El equinoccio ocurre dos veces por año, entre el 19 y el 21 de marzo, el cual es llamado equinoccio de primavera (bueno, para los que vivimos en el hemisferio norte), y entre el 21 y el 24 de septiembre, equinoccio de otoño (ver figura 3).

Por otro lado, durante los solsticios, el Sol se mueve lentamente, dando la apariencia de que casi no se mueve día con día. La palabra solsticio también tiene su origen en el latín, esta deriva de *Solstitium* [sol, status], es decir, “Sol quieto”. El solsticio ocurre dos veces por año, entre el 20 y el 21 de junio, el cual es

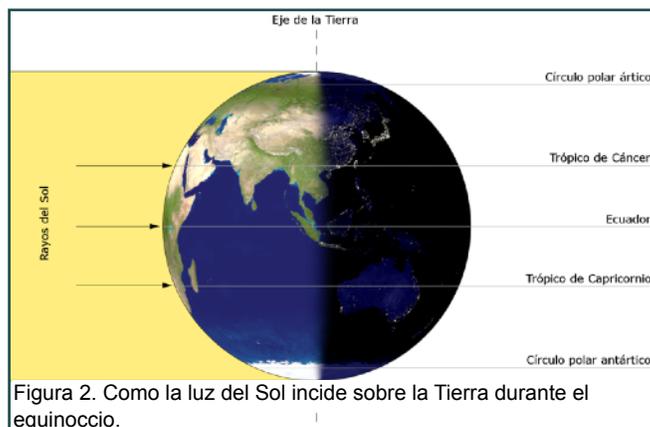


Figura 2. Como la luz del Sol incide sobre la Tierra durante el equinoccio.

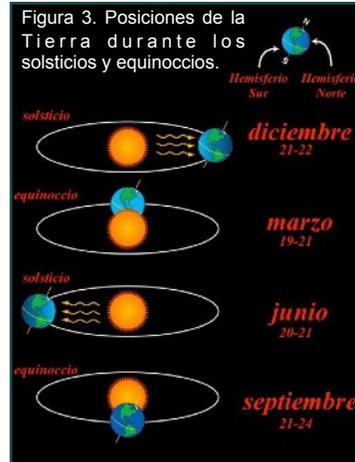


Figura 3. Posiciones de la Tierra durante los solsticios y equinoccios.

llamado solsticio de verano (nuevamente para los que vivimos en el hemisferio norte), y entre el 21 y 22 de diciembre, solsticio de invierno o solsticio de diciembre.

Según el diccionario Oxford de Latín[1], el uso de dichas palabras es muy viejo. El registro más antiguo que se conoce está en el libro ‘De agri Cultura’, de

Marcus Porcius Cato, quien vivió entre el 234 y el 149 A.C. Aunque es probable, que quién hiciera que se difundiera el término de manera más extensa fuera Plinio El Viejo (23-79 D.C.) al escribir su “Naturalis Historia”.



Figura 4. Reproducción del monumento megalítico de Nabta

Pero, ¿qué tan viejo es el conocimiento sobre los solsticios y equinoccios? Es difícil saberlo, y quizás no exista una única respuesta. En Nabta Playa, en Egipto, el arqueólogo Fred Wendorf descubrió en 1973 un monumento

megalítico muy antiguo (ver figura 4). Al principio Wendorf no estaba muy seguro sobre el origen y función de dicha estructura, así que contactó a John M. Malville, un arqueo-astrónomo. Entre los dos, y junto con otros investigadores, encontraron que se trataba del registro más antiguo que se tenga de un complejo ceremonial alineado con los puntos cardinales y las direcciones solsticiales. Probablemente el monumento tenga entre 6500 y 4500 años de antigüedad, haciendo de este el sitio astronómico más antiguo[2]. Es aproximadamente durante ese periodo que se desarrolla la época de la historia humana que se conoce como neolítico, en ella apareció y se generalizó la agricultura y el pastoreo de animales, y se formaron las primeras sociedades agrícolas. El conocimiento astronómico de aquellos hombres del pasado fue importante para determinar la época en que comenzaban y terminaban los periodos de lluvia. Sí, nuestros antepasados conocían las estaciones, así como los solsticios y equinoccios.

REFERENCIAS  
1.- Oxford Latin Dictionary, Oxford University Press, 1968  
2.- J. McKim Malville, Fred Wendorf et al., 1998, Nature, 392.

El estudio teórico de las propiedades y características de nanomateriales se ha vuelto importante para reducir esfuerzos, costos, tiempos de producción, y mejorar las posibilidades de éxito de aplicación de nanoestructuras. De este modo, la predicción de efectos toxicológicos de nanoestructuras por métodos *in silico* es una tarea importante para la nanomedicina. Ejemplo de análisis teóricos aprovechados por su capacidad descriptiva y predictiva son los estudios de relación cualitativa y cuantitativa de características fisicoquímicas y/o estructurales respecto a la actividad biológica de moléculas químicas de interés (SAR/QSAR). Estas aproximaciones parten de la generación de modelos matemáticos mediante un conjunto inicial de estructuras con propiedades fisicoquímicas y actividades específicas conocidas. Dichos modelos se realizan tratando de describir una actividad específica, por ejemplo, su toxicidad. Basándose en el modelo, se pueden estudiar características de nuevas estructuras con similitud estructural al conjunto inicial, incluso sin necesidad de sintetizarlas o realizar experimentos. Apoyando así a generar estructuras con mayor potencia y/o selectividad, fungiendo como guía para futuras síntesis y selección de propiedades fisicoquímicas que deban ser modificadas para alcanzar los fines deseados.

Aunque los análisis SAR/QSAR son usados en el desarrollo y mejora de fármacos y otras moléculas, su aplicabilidad hacia nanoestructuras y nanomateriales (*nano-QSAR*) aún se encuentra en desarrollo. Esto se debe a que muchos estudios QSAR utilizan una representación simplificada de los compuestos denominadas "SMILES" (especificación de introducción lineal molecular simplificada, por sus siglas en inglés) para identificar diferentes parámetros e información estructural de la molécula en cuestión. Sin embargo, dicha representación es inexistente para nanoestructuras y nanomateriales.

Como solución, se ha propuesto el uso de los denominados "cuasi-SMILES", que representan datos relacionados con una actividad final mediante condiciones requeridas para dicha actividad (en contraste, los SMILES representan información relacionada con la estructura molecular). Ejemplos de información contenida por *cuasi-SMILES* son: tamaño de nanopartícula, concentración, condiciones de síntesis, oscuridad o irradiación, tiempo de exposición, entre otros. Algunas de estas propiedades pueden ser medidas experimentalmente o determinadas teóricamente[1].

F. Zhang, Z. et al.[2] muestran un análisis *nano-QSAR* usando *cuasi-SMILES* para evaluar la interacción entre nanomateriales basados en carbono (CNMs: nanotubos de carbono de pared simple y multipared,

fullerenos y grafenos) de diferentes características, con un fragmento de ARN del SARS-CoV-2. Utilizando la energía de interacción ( $E_{int}$ ) como variable indicadora de la interacción entre nanoestructuras y el fragmento de ARN. La capacidad de adsorción/disociación e inactivación del SARS-CoV-2 mediante los CNMs se asocia con la presencia de interacciones electrostáticas describibles utilizando 1-2 de 4 principales propiedades/descriptores de estos CNMs, a saber: peso molecular, área superficial general y específica y la suma de grados de cada átomo de carbono (#átomos diferentes a hidrógeno a los que está unido). Con estos descriptores se generan los modelos matemáticos que mejor describen la  $E_{int}$  entre CNMs y RNA del SARS-CoV-2. Un área de oportunidad muy importante para obtener nuevas estrategias terapéuticas, urgentemente necesarias en este momento.

El uso de *cuasi-SMILES* facilitan la generación de estudios *nano-QSAR* por sistematizar el uso de algoritmos específicos para describir nanoestructuras y nanomateriales (ver Figura 1) [3]. Emplear *cuasi-SMILES* permite la descripción matemática de diferentes efectos biológicos producidos por nanomateriales y estudiar nuevas aplicaciones para una variedad de nanomateriales teórica y experimentalmente conocidos. Así los modelos *nano-QSAR* abren una nueva ruta para el estudio de nuevas aplicaciones de nanomateriales y promueven la generación de nuevos nanomateriales más eficientes y ambientalmente amigables, particularmente aquellos con potenciales aplicaciones biomédicas que aporten soluciones a situaciones de emergencia como la que vivimos actualmente.

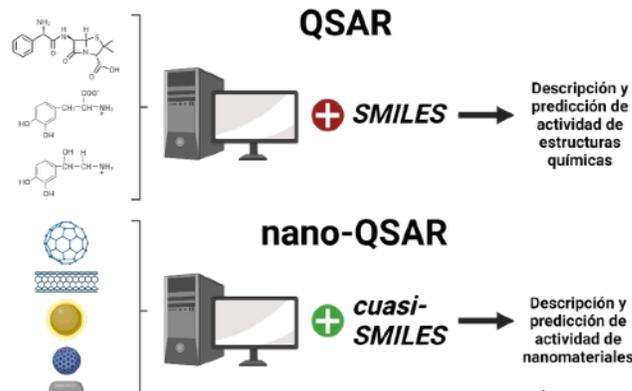


Figura 1. Empleo de cuasi-SMILES para la generación de modelos *nano-QSAR*.

Referencias : [1] A. P. Toropova and A. A. Toropov, "Nano-QSAR in cell biology: Model of cell viability as a mathematical function of available eclectic data," *J. Theor. Biol.*, vol. 416, pp. 113–118, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.jtbi.2017.01.012.

[2] F. Zhang, Z. Wang, M. G. Vijver, and W. J. G. M. Peijnenburg, "Probing nano-QSAR to assess the interactions between carbon nanoparticles and a SARS-CoV-2 RNA fragment," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 219, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112357.

[3] J. J. Villaverde, B. Sevilla-Morán, C. López-Goti, J. L. Alonso-Prados, and P. Sandín-España, "Considerations of nano-QSAR/QSPR models for nanopesticide risk assessment within the European legislative framework," *Science of the Total Environment*, vol. 634, Elsevier B.V., pp. 1530–1539, Sep. 01, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.033.

# BIONANOREACTORES EN TÁNDEM CAMUFLADOS, ACTIVABLES Y TERAPÉUTICOS PARA LA TERAGNOSIS DEL CÁNCER DE MAMA

Astrid R. Luna Rios, Kanchan Chauhan  
CNyN-UNAM, Ensenada  
chauhankanchan@cnyn.unam.mx

El cáncer de mama es un problema de salud grave y la segunda causa principal de mortalidad entre las mujeres en todo el mundo. El tamoxifeno sigue siendo la terapia endócrina estándar para el cáncer de mama desde las últimas cuatro décadas la cual requiere una activación metabólica por el citocromo P450 (CYP) para mostrar los efectos anticancerígenos. Sin embargo, la concentración de CYP es muy variable y relativamente más baja en el tumor canceroso, lo que conduce a una toxicidad no deseada en los tejidos sanos. El grupo del Dr. Vázquez-Duhalt en CNyN participa activamente en el desarrollo de nanoreactores dirigidos con actividad CYP que han demostrado un gran potencial en el incremento de la sensibilidad al tamoxifeno mediante la activación enzimática de profármacos. El principal desafío es la combinación eficiente de la entrega de la carga dirigida usando ligandos específicos y un sistema de liberación activada.

Recientemente, el mismo grupo ha desarrollado enfoques en esta dirección, como el confinamiento conjunto de CYP de *Bacillus magisterium* con la glucosa oxidasa (GOx). Siendo un diseño inteligente donde la GOx transforma glucosa en D-glucono-d-lactona produciendo  $H_2O_2$ , que es el aceptor final de electrones en la transformación de tamoxifeno mediado por CYP. Siendo que la glucosa es el alimento de las células cancerosas que está presente en exceso en el microambiente tumoral (TME). Esta catálisis secuencial estimulada por TME no solo mejorará los resultados de la terapia endocrina, sino que también actuará sinérgicamente con la terapia de inanición y oxidación en las células tumorales.

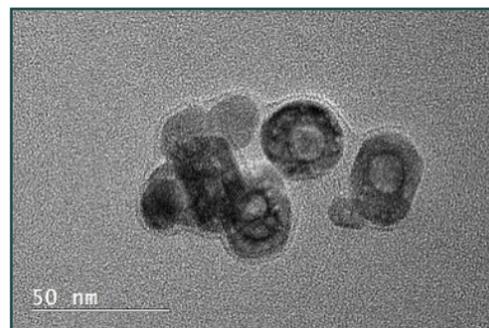
Así, la encapsulación de enzimas duales en nanopartículas metálicas y mesoporosas,  $LaF_3:Tb$  fue llevada a cabo con el método de adsorción física.  $LaF_3:Tb$  se usaba anteriormente como nanocintiladores y posee propiedades luminiscentes en imágenes TC, que son beneficiosas en la obtención de imágenes simultáneas, sirviendo así como una plataforma multimodal. Las NPs poseen una amplia gama de tamaños de poros (2-50 nm) para una carga eficiente de enzimas de diferentes tamaños. En una adsorción escalonada, primero se cargó la GOx de mayor tamaño seguido del CYP de menor tamaño. Mientras que los poros más pequeños fueron beneficiosos para la difusión del sustrato / producto.

Dado que el proceso de adsorción física sufre de lixiviación temprana de enzimas, las nanopartículas fueron recubiertas con albúmina sérica humana

(HSA), siendo una proteína biológica abundante. La corona de HSA en nanopartículas proporcionó sigilo bioinspirado para minimizar la respuesta inmunológica. Aquí, los NR se camuflan con HSA a través de un enlace sensible al pH y redox. El HSA no sólo mejoró la absorción de nanopartículas por permeabilidad y retención mejoradas, sino que también permitió la focalización activa a través de receptores de la albúmina en células del tumor.

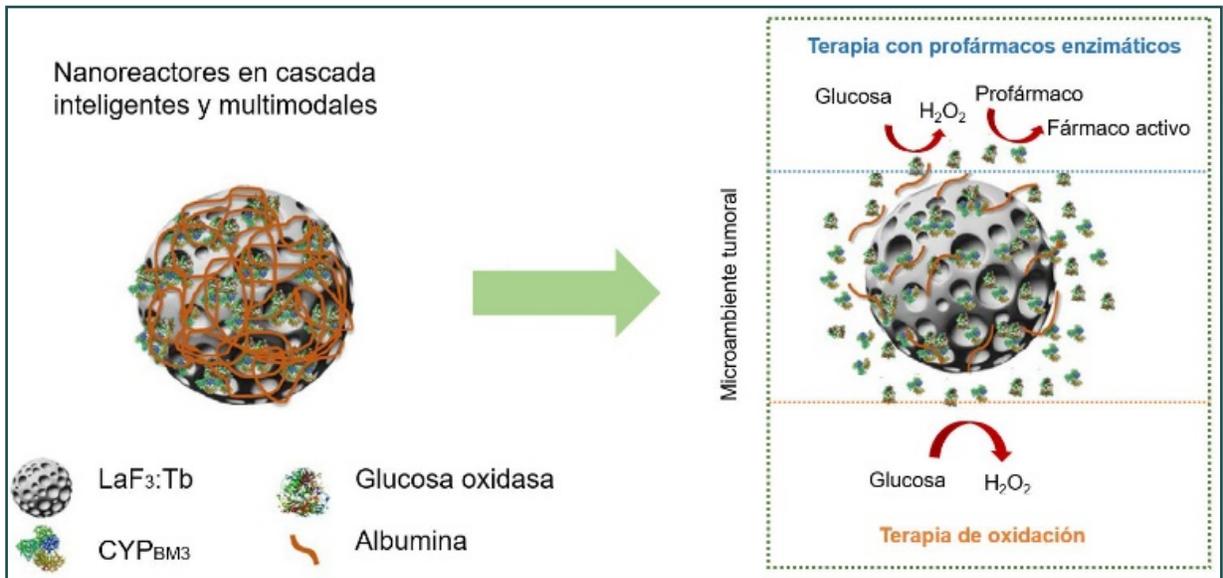
El análisis in vitro mostró la internalización mejorada de CLTNR en células tumorales de mama positivas para el receptor de estrógeno (ER+) y triple negativas. En presencia de glucosa, la GOx produjo  $H_2O_2$  induciendo la transformación de tamoxifeno en las células mediada por CYP. La combinación de estrés oxidativo producido por GOx y la transformación de profármacos por CYP mostró una mayor citotoxicidad contra las células ER+. La inhibición de las células triple negativas también se logró mediante la terapia de oxidación.

Estos nanoreactores en tándem reticulados (CLTNR), camuflados y activables por tumores se lograron sintetizar para la teragnosis del cáncer de mama. El CLTNR multimodal inteligente posee beneficios únicos, como bioseguridad y focalización de tumores debido a la cobertura de HSA, al igual que una catálisis en cascada estimada por tumores y la capacidad de diagnóstico debido al núcleo de  $LaF_3:Tb$ .



#### Referencias:

- [1] Chauhan, K., Hernandez-Meza, J. M., Rodríguez-Hernández, A. G., Juárez-Moreno, K., Sengar, P. y Vázquez-Duhalt, R. (2018). Nanoreactor P22 biocatalítico multifuncional para el tratamiento combinado de ER + cáncer de mama. Revista de Nanobiotecnología.
- [2] Chen, W. H., Vázquez-González, M., Zoabi, A., Abu-Reziq, R. y Willner, I. (2018). Cascadas biocatalíticas impulsadas por enzimas encapsuladas en nanopartículas de estructura organometálica. Catálisis de la naturaleza.
- [3] Sánchez-Sánchez, L., Cadena-Nava, R. D., Palomares, L. A., Ruiz-García, J., Koay, M. S. T., Cornelissen, J. J. M. T., y Vázquez-Duhalt, R. (2014). Activación de profármacos de quimioterapia mediante nanopartículas similares a virus biocatalíticos que contienen citocromo P450. Tecnología enzimática y microbiana.



Noche de las ESTRELLAS<sup>®</sup>  
13 de noviembre de 2021  
ARMONÍA Y REVOLUCIÓN

450 años del natalicio de Johannes Kepler

IA - Ensenada

EVENTO GRATUITO EN LINEA A NIVEL NACIONAL

nochedelasestrellas.org.mx

YouTube /iaunam  
 /astronomiaunam    /ensenadandee    @iaunam  
 OANTNT    iaensenada    iaunam\_ens

[www.astrosku.unam.mx](http://www.astrosku.unam.mx)  
[www.astrosen.unam.mx](http://www.astrosen.unam.mx)

# EFEMERIDES Y ANIVERSARIOS

Tomás Verdugo González  
Instituto de Astronomía-OAN-UNAM, Ensenada  
tomasy@astro.unam.mx

## SEPTIEMBRE

- 6.- Luna Nueva
- 13.- Luna Cuarto creciente
- 20.- Luna Llena
- 22.- Equinoccio de otoño
- 28.- Luna Cuarto Menguante
- 29.- En 1901 nace Enrico Fermi



## OCTUBRE

- 6.- Luna Nueva
- 7.- Conjunción de Marte con el Sol  
En 1885 nace Niels Bohr
- 12.- Luna Cuarto creciente
- 20.- Luna Llena
- 21.- Lluvia de meteoros Oriónidas
- 28.- Luna Cuarto menguante

## NOVIEMBRE

- 4.- Luna Nueva
- 5.- Lluvia de meteoros Táuridas
- 7.- En 1867 nace Marie Skłodowska Curie
- 19.- Luna Llena  
Eclipse parcial de Luna
- 27.- Cuarto Menguante



## DICIEMBRE

- 4.- Luna Nueva
- 10.- Luna Cuarto creciente
- 14.- Lluvia de meteoros Gemínidas
- 15.- En 1852 nace Henri Becquerel
- 18.- Luna Llena
- 26.- Luna Cuarto menguante

María Isabel Pérez Montfort  
CNyN-UNAM, Ensenada  
miperez@cyn.unam.mx

## EDITAR EL GENOMA DE LA HUMANIDAD

Ser capaz de manipular el genoma humano, hasta hace poco, sonaba a ciencia ficción. Nuestro ADN se consideraba un territorio muy íntimo, el corazón de nuestra biología, el depositario de millones de años de evolución que han desembocado en la creatura que es el ser humano, con todas sus características: buenas, regulares y malas.

Sin embargo, en cierta medida alteramos el genoma cuando elegimos pareja. La variabilidad genética aumenta al mezclarse los ADNs de mamás y papás. Aunque no es esa nuestra preocupación principal al buscar pareja, la elección definitivamente afecta, aunque sea mínimamente, a la totalidad del genoma humano. Y así es como había venido sucediendo a lo largo de nuestra evolución.

Últimamente, las cosas están cambiando. Tenemos en puerta la opción de hacer elecciones deliberadas sobre detalles específicos del genoma que deseamos transmitir a nuestros hijos y, por lo tanto, a la humanidad. La reciente tecnología que permite realizar cambios puntuales en el ADN es una herramienta de edición genética llamada CRISPR (del inglés *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*). En 2020, el premio Nobel de química fue otorgado a las científicas Jennifer Doudna y a Emmanuelle Charpentier por describir el funcionamiento de estas tijeras genéticas. La herramienta no es nueva, se ha utilizado en la biología molecular desde los años 70s del siglo pasado. Sin embargo, la precisión del corte de CRISPR descrito por Doudna y Charpentier, que se puede controlar muy finamente, permite dirigir la tijera genética hacia una secuencia muy específica del ADN.

Se conoce que ciertas enfermedades humanas son causadas por un solo gene defectuoso y, ciertamente, suena correcto querer evitar que nuestros hijos padezcan esas enfermedades, si todo lo que hay que hacer es sustituir una secuencia genética. Pero, actualmente, la técnica todavía enfrenta no pocos peligros. La genética humana es increíblemente

compleja y nuestra capacidad de predecir las consecuencias de un cambio genético es muy incompleta. Para que la técnica se vuelva mínimamente segura, se deberá comprobar que CRISPR hace una sustitución en verdad muy precisa. En algunos países, ya se está afinando esta técnica.

Una vez que se perfeccione, estaremos enfrentando otros retos. Algunos autores, no de ciencia ficción, contemplan un futuro en el que las clínicas de reproducción ofrecerán a los padres un menú de características genéticas que podrán alterar en sus futuros hijos. Existen argumentos discordantes sobre esta posibilidad. Por un lado, se considera una obligación moral que los padres doten a sus hijos con características genéticas que eviten enfermedades y contribuyan a su bienestar. Por otro, esta acción se interpreta como una forma velada de *eugenesia*: la eliminación de genes defectuosos o que no cumplen con estándares fijados.

Aunque la edición genética tardará en diseminarse y sus consecuencias no serán visibles en el corto plazo ya es motivo internacional de reflexión. Recientemente, la investigadora canadiense de bioética Françoise Baylis y otros autores propusieron en *Nature* un alto global a la edición de genes humanos, mientras analizamos, como humanidad, si podemos controlar que los resultados realmente nos conduzcan a un mundo más equitativo y justo. Todavía estamos a tiempo para anticiparnos a sus consecuencias, meditar si las debemos evitar, delimitar o aceptar, y si no, qué hacer para cambiar de trayectoria.

Referencia:  
de Souza, Natalie. Editing Humanity's Future. The New York Review of Books, abril 29, 2021. <https://www.nybooks.com/articles/2021/04/29/crispr-editing-humanity-future/>