

Artículo

Revista
CyN Ciencia
y Naturaleza

**Un futuro verde
a nano escala:
creación de partículas
metálicas eco-amigables**

Beatriz Escobar Morales
Diego A. Ruvalcaba Servín
Nancy G. González Canché
David F. Rosas Medellín

Artículo

Un futuro verde a nano escala: creación de partículas metálicas eco-amigables

Cómo citar este artículo: Escobar Morales B, Ruvalcaba Servín DA, González Canché NG, Rosas Medellín DF. 2024. Un futuro verde a nano escala: creación de partículas metálicas eco-amigables. Revista Ciencia y Naturaleza (1085).





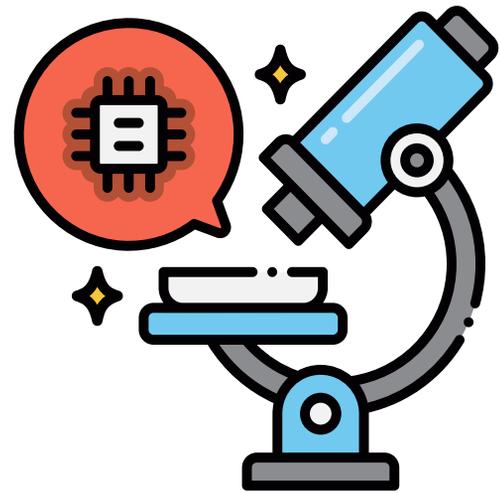
Un viaje hacia lo pequeño

El bello planeta azul contiene más maravillas de las que podemos percibir con nuestros ojos y el ser humano siempre lleno de curiosidad ha estado decidido a explorarlo con la intención de comprender el mundo que nos rodea, por eso, la investigación a pequeñas escalas ha sido una constante a lo largo de la historia. Desde los antiguos filósofos griegos hasta los científicos modernos han buscado desentrañar los misterios del pequeño universo que nos rodea para conocer los componentes fundamentales que conforman el cosmos.



Para hacerlo se requiere de conocimiento científico y herramientas tecnológicas que permitan acercarnos a un mundo de escalas muy pequeñas, la escala nano, que va de la mano con una de las herramientas más importantes en las últimas décadas, la nanotecnología.

La nanotecnología se enfoca en conocer y construir materiales a escala nanométrica, es decir, a nivel de átomos y moléculas, formando estructuras tan diminutas y en algunas ocasiones muy complejas que no se pueden observar a simple vista, denominadas nanoestructuras. Aunque el término es relativamente nuevo, estas han existido en la naturaleza desde mucho antes de que los científicos pudieran siquiera imaginarlas.



Siempre han estado a nuestro alrededor ya que el planeta es una fuente importante de nanomateriales de origen natural. Los volcanes, los incendios forestales, las tormentas de polvo y el rocío marino son procesos naturales que debido a sus condiciones particulares crean nanoestructuras.

Las plantas, los insectos e incluso las personas también contienen muchas nanoestructuras. Por ejemplo, las figuras que generan los copos de nieve se forman gracias a las nanoestructuras que pueden organizarse en el agua a bajas temperaturas, las hojas de la flor de loto que flotan en el agua tienen la capacidad de absorber contaminantes debido a sus nanoestructuras.





Los huesos de nuestros cuerpos también están compuestos de minerales nanoestructurados. Incluso el bloque de construcción más fundamental de la vida, el ADN, es un nanomaterial de origen biológico. Los nanomateriales no son exclusivos del planeta tierra, también se encuentran en otras partes del universo, por ejemplo, en el polvo cósmico y lunar, y de igual forma se han encontrado en meteoritos que han aterrizado en el planeta.



Pero, ¿para qué sirven los nanomateriales?



El uso de los nanomateriales tampoco es nuevo, el ser humano ha estado usando nanomateriales durante más de 4,000 años sin saberlo. Un ejemplo son los minerales arcillosos que contienen nanomateriales naturales y que se han utilizado durante miles de años, por ejemplo, en la construcción, la medicina y el arte.

Pero, realmente hace poco tiempo que conocemos y manipulamos este pequeño universo y esto ha sido gracias a los avances científicos en la nanotecnología. Este campo de investigación se ha desarrollado a pasos agigantados en las últimas décadas y ha permitido observar y manipular objetos a escalas inimaginables en tiempos antiguos.

Aunque esto no es tan sencillo como cortar un metal en trozos cada vez más pequeños o como pegar átomos con pinzas, para manipular la materia a una escala tan pequeña, se ha tenido que combinar el conocimiento de otros campos, como la física, la química, la biología y la ciencia de los materiales.



La nanotecnología ha tenido un impacto significativo en diversas ramas de la ciencia. En el ámbito de la física, la nanotecnología ha permitido la fabricación de materiales con propiedades únicas a escala nanométrica. La construcción de lentes con los que exploramos a mayores distancias o a escalas más pequeñas ha sido posible, además hemos podido generar dispositivos electrónicos cada vez más pequeños y eficientes. En la química, la nanotecnología ha ayudado a entender mejor cómo se enlazan unos átomos con otros y a su vez que tan fuerte o flexible puede ser un material gracias a esos enlaces.

Entonces, al comprender mejor su funcionamiento es posible modificar sus propiedades químicas para hacer materiales más eficientes por ejemplo para llevar a cabo una reacción, mejorar la manera en la que absorben o reflejan la luz, entre muchas otras propiedades. En la figura 1 se muestran algunas de las aplicaciones más importantes de la nanotecnología.



Figura 1. El rol de la nanotecnología en los diferentes campos de las ciencias.



Actualmente se considera que la nanotecnología tiene el potencial de generar beneficios en áreas tan diversas como el desarrollo de medicamentos, la descontaminación del agua, la transmisión y almacenamiento de información, así como la producción de materiales más fuertes y livianos, utilizando menos recursos y acercándonos de manera más amigable con el medio ambiente.



A medida que continuamos explorando y descubriendo a pequeña escala, el potencial de la nanotecnología para transformar la sociedad y mejorar nuestras vidas pareciera ser ilimitada.

¿Qué tan pequeño es realmente la escala nano?

La nanotecnología es un campo de la ciencia que permite conocer la materia a una escala nanométrica, esto quiere decir, que se encuentra entre 1 a 100 nm. Imaginemos que partimos un centímetro un millón de veces, es entonces que entramos al reino nanométrico, para tener una idea de que tan pequeña es esta escala, el grosor de un cabello humano es de tan solo 1 mm, una célula de sangre es de 0.005 mm y un virus es de tan solo 0.001 mm, siendo un nanómetro 1000, 500 y 100 veces más pequeño en comparación con cada uno de ellos, respectivamente.





En la figura 2 se observa la comparación en los tamaños de los objetos con respecto a la escala nanométrica.

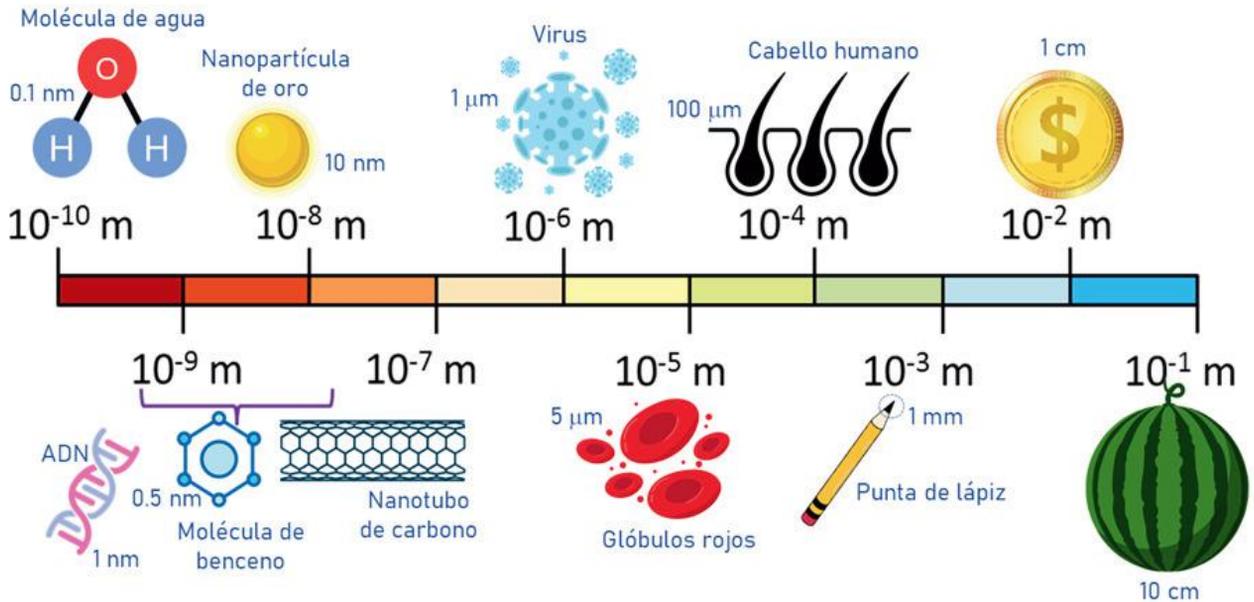


Figura 2. Escala comparativa de dimensiones muy pequeñas.

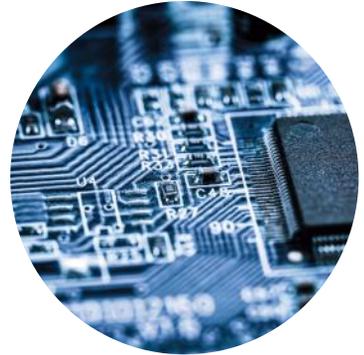
Los inicios de lo que hoy es la nanociencia se remonta hasta a la época de los filósofos griegos y es especialmente interesante con Demócrito, en el siglo V a.C., cuando se plantearon que la materia podía dividirse infinitamente. Sin importar que tan pequeño sea, se puede dividir en partes cada vez más pequeñas. Fue hasta el año de 1959 que el físico y ganador del premio nobel Richard Feynman introdujo el concepto de nanotecnología. En este concepto, Feynman describe la visión de usar máquinas para construir otras máquinas tan pequeñas que estuvieran por debajo del tamaño de las moléculas. Con el paso del tiempo se ha podido demostrar la visión de Feynman es posible y es por eso considerado como el padre de la nanotecnología moderna.



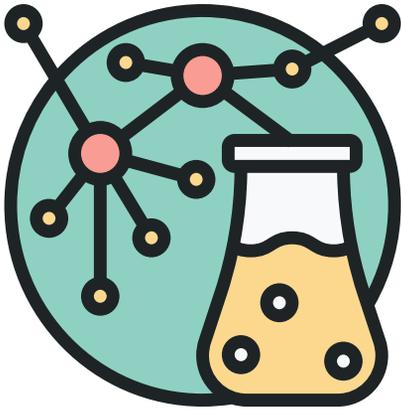


Ser pequeño para lograr grandes cosas

El interés por estudiar lo pequeño ha permitido el desarrollo de diversos materiales, los cuales hoy en día se podrían considerar imprescindibles para la vida diaria, tales como los chips que utilizan los dispositivos electrónicos como celulares, computadoras, aparatos de sonido, etc.

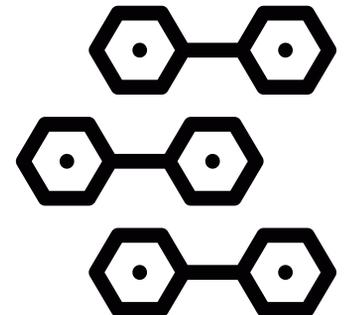


Así como dispositivos que almacenan energía cada vez más pequeños que también utilizan la mayoría de los dispositivos electrónicos, la fibra de carbono utilizada en bicicletas y automóviles que les proporcionan una mayor resistencia a impactos y un menor peso comparándolo con materiales como el acero convencionalmente utilizado.



Las diversas necesidades de nuestra vida, el desarrollo de nuestras actividades, aunado con las diversas problemáticas ambientales, energéticas, de salud entre otros, requieren el desarrollo de nuevos y mejores materiales. Hoy en día existe un creciente interés de desarrollar materiales a escala más pequeña que permitan la reducción de tamaño de diversos dispositivos (satélites, dispositivos de seguimiento médico, dispositivos electrónicos, materiales semiconductores).

Las nanopartículas (minúsculas partículas de entre 1 a 100 nm de tamaño) desempeñan un papel fascinante en la nanociencia y la nanotecnología, ya que por su tamaño tan pequeño tienen propiedades especiales que podemos aprovechar, podemos verlas como bloques de construcción prometedores para crear nanoestructuras más complejas.





Ahora bien, para construir las nanopartículas, la nanotecnología utiliza principalmente dos enfoques: El primero, conocido como “top-down” o de arriba para abajo, implica tomar un material grande y reducirlo a tamaños diminutos. Este es un método que emplea enfoque destructivo, ya que descompone gradualmente una molécula más grande en unidades más pequeñas; podemos imaginarlo como triturar ingredientes de una receta, pero a una escala nanométrica. El segundo enfoque se llama “bottom-up” o de abajo para arriba, se le denomina enfoque de construcción ya que la síntesis se realiza a partir de átomos o moléculas de sustancias simples llevándolos a través de un proceso químico para juntarlos y generar una nanoestructura más grande. Ambos métodos se presentan de manera gráfica en la figura 3.

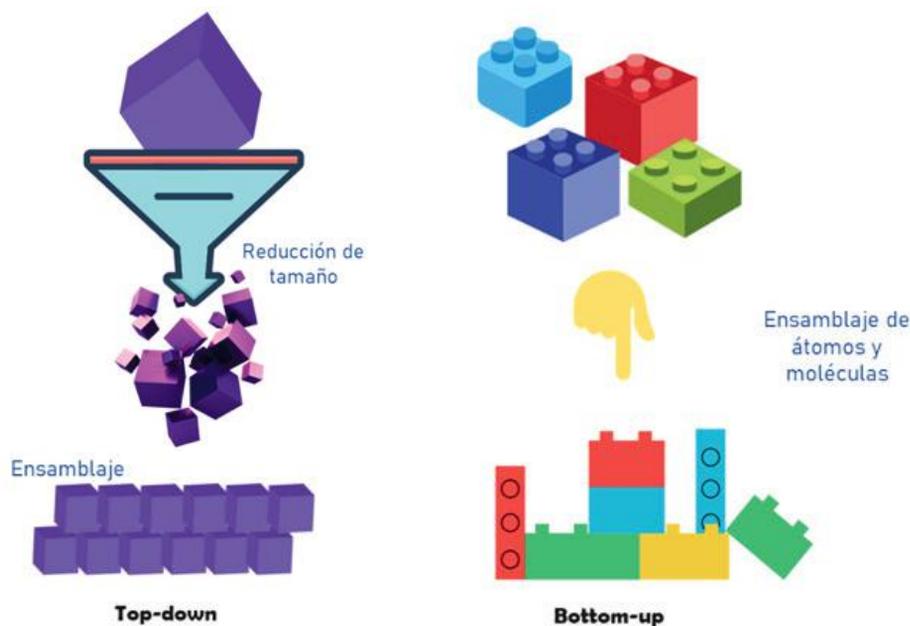
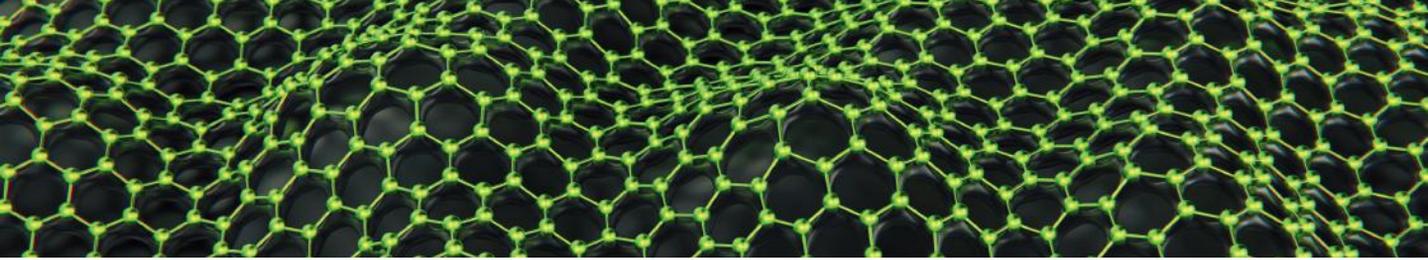


Figura 3. Métodos de síntesis de nanopartículas: Top-down (izquierda) y Bottom-up (derecha).

Con este conocimiento hemos logrado grandes avances, pero también existen grandes retos en la síntesis de estos nanomateriales, ya que muchas veces no logran separarse bien entre sí, algunas veces crecen demasiado o muy poco por lo que se dificulta poder realizar su síntesis a escala industrial.



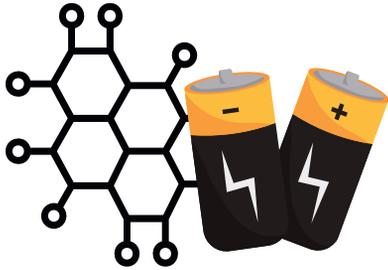
Nanomateriales para la generación de energía

En la actualidad se han realizado estudios sobre las limitaciones y escasez de los combustibles fósiles en los próximos años debido a su agotable naturaleza. Por lo que la comunidad científica está reenfocando sus esfuerzos en la búsqueda de soluciones mediante el aprovechamiento de fuentes de energía renovable que son amigables con el medio ambiente y que sean más accesibles económicamente. Con este enfoque surge una alternativa prometedora: la utilización de nanopartículas en diversas áreas energéticas, ya que estas diminutas estructuras cuentan con características muy deseables en el ámbito de la energía renovable, como su alta área superficial, comportamiento óptico y capacidad de usarse como catalizadores.

En el ámbito de la generación de energía se ha descubierto que las nanopartículas de metales como oro, platino, rutenio y otros elementos tienen la capacidad de desempeñar un papel crucial en la producción de energía eléctrica a través de dispositivos conocidos como celdas de combustible aprovechando la catálisis con materiales de tamaño nanométrico. Estos dispositivos, similares en apariencia a las baterías de los automóviles, tienen la particularidad de convertir la energía almacenada en el hidrógeno en electricidad utilizable.



Uno de los aspectos más asombrosos de esta tecnología radica en su capacidad para transformar el hidrógeno en electricidad directamente, en lugar de someterlo a procesos de combustión. Además, es importante resaltar que su funcionamiento no conlleva la emisión de contaminantes ambientales convirtiéndolo en una alternativa especialmente limpia y respetuosa con el entorno.



La nanotecnología está transformando el panorama energético al cambiar la forma en que almacenamos, distribuimos y utilizamos la energía. En la fabricación de baterías, la nanotecnología aporta diversos beneficios al recubrir los electrodos con nanopartículas, aumentando el área superficial y permitiendo una mayor corriente y potencia.

Esto no solo reduce el riesgo de incendios, sino que también agiliza la recarga y mejora la eficiencia de los vehículos híbridos al reducir el peso de las baterías requeridas. Además, los nanomateriales prolongan la vida útil de las baterías al prevenir la descarga constante.

También juega un papel fundamental en la distribución de energía al emplear la alta conductividad eléctrica de las nanopartículas y de los nanotubos de carbono, en cables y líneas de transmisión eléctrica. Actualmente, investigadores de la Universidad de Stanford están desarrollando baterías de mayor densidad energética al recubrir nanopartículas de silicio con estructuras de grafeno, reduciendo pérdidas en la distribución eléctrica. La nanotecnología también ofrece oportunidades para reducir la dependencia de combustibles fósiles mediante estructuras nanométricas capaces de almacenar gases. Además, se trabaja en tecnologías de iluminación más eficientes basadas en nanotecnología, con un potencial significativo para reducir las emisiones de carbono. Estos avances son tangibles y se están implementando día con día en la industria. Empresas como Siemens Energy y Tesla aprovechan la nanotecnología para mejorar turbinas de gas y baterías de vehículos eléctricos. En conjunto, la nanotecnología está revolucionando la eficiencia y sostenibilidad de la energía, forjando un camino hacia un futuro más limpio y poderoso.



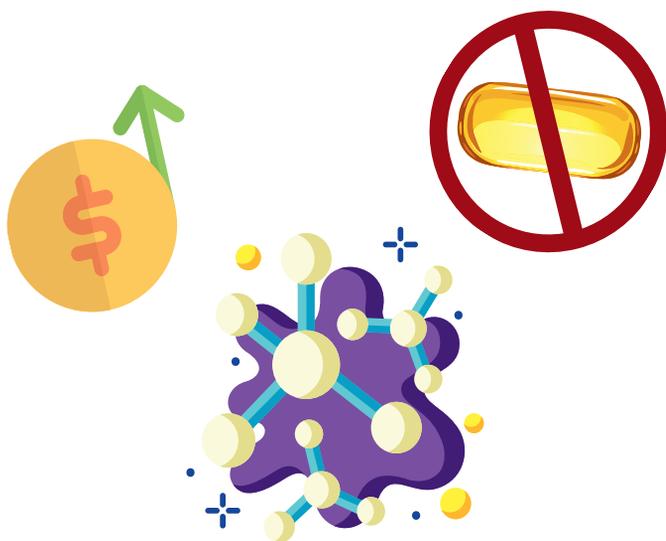


Síntesis verde nanopartículas metálicas

La síntesis de nanopartículas utilizando técnicas modernas se ha convertido en una aplicación importante para una amplia gama de productos. Actualmente, se están realizando numerosos esfuerzos en todo el mundo para desarrollar técnicas de síntesis que sean amigables con el medio ambiente, a este tipo de síntesis se le conoce como síntesis verde. Las nanopartículas obtenidas por síntesis verde tienen muchas ventajas, mayor estabilidad y dimensiones apropiadas ya que muchas veces se sintetizan mediante un procedimiento de un solo paso.



Pueden utilizarse presión y temperatura ambiente lo cual baja el costo y el gasto de energía. Ya que la forma tradicional de producción de nanopartículas se realiza a través de métodos físicos y químicos que generan residuos tóxicos que son peligrosos para el medio ambiente.



Si bien los métodos convencionales de producción de nanopartículas pueden generar grandes cantidades y formas definidas en poco tiempo, tienen muchas desventajas como su complejidad, alto costo e ineficiencia, además, estas partículas no se pueden usar en medicina debido a que pueden generar problemas relacionados con la salud.



Por lo que, en los últimos años, ha habido un gran interés en la síntesis de nanopartículas respetuosas con el medio ambiente que no generen productos de desecho tóxicos durante el proceso de fabricación como alternativa a los métodos físicos y químicos convencionales

La síntesis verde solo puede lograrse mediante procedimientos más amigables con el medio ambiente utilizando fuentes orgánicas, por ejemplo: extractos naturales de plantas, hongos, algas marinas como el sargazo, e incluso desechos frutales siempre y cuando se consideren seguras y que su uso no genere un impacto negativo al ambiente. En la figura 4 se muestran diversas fuentes orgánicas para la síntesis verde de nanopartículas metálicas.

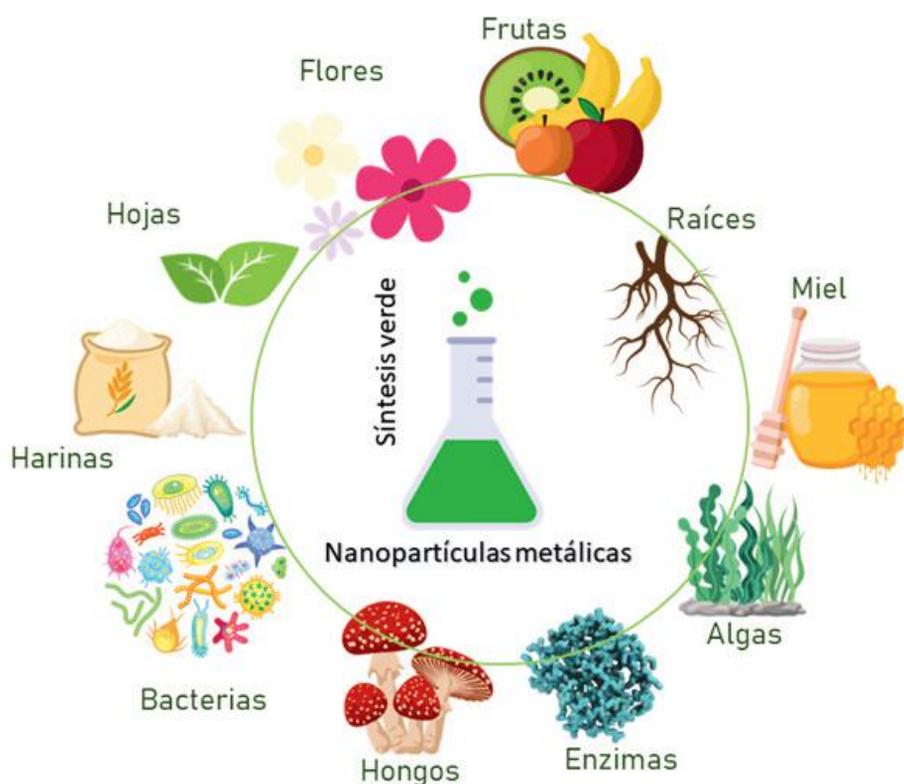


Figura 4. Síntesis verde de nanopartículas metálicas usando precursores naturales.



¿Y son seguras las nanopartículas?

Aunque las nanopartículas parecieran ser el remedio para todos los males, existe una creciente preocupación por el aumento de su presencia en el suelo y en los sistemas acuáticos. Las ventajas de las nanopartículas, como su pequeño tamaño, alta reactividad y gran capacidad, podrían convertirse en factores potencialmente letales ya que pueden tener efectos tóxicos y dañinos en nuestras células.

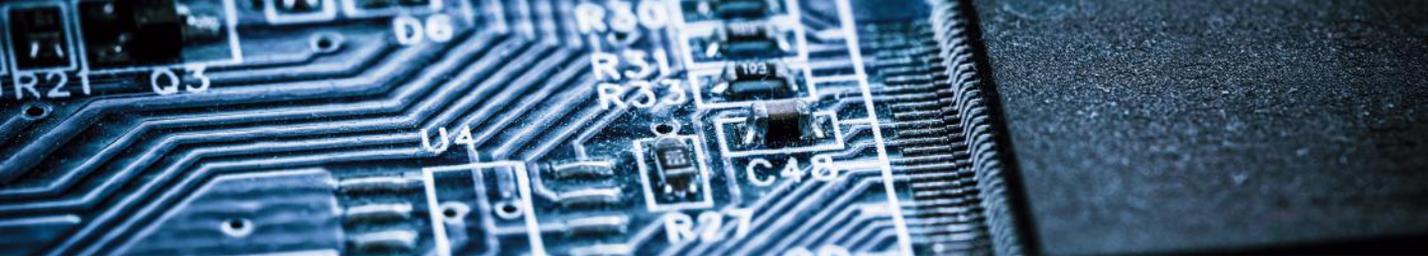


Algunos estudios han demostrado que las nanopartículas pueden ingresar al organismo mientras comemos o respiramos y pueden trasladarse dentro del cuerpo a varios órganos y tejidos donde estas diminutas partículas tienen la posibilidad de tener un efecto tóxico y dañino, sin embargo, los estudios aún son muy limitados. Las nanopartículas se usan ampliamente en aplicaciones biológicas, pero a pesar del rápido progreso y la aceptación temprana de la nanotecnología en la rama de la biología, aún no se ha establecido el potencial de efectos adversos para la salud cuando una persona está en contacto por un largo tiempo con las nanopartículas, ni tampoco en que cantidades podría generar un daño.

Un gran futuro nanométrico

En los últimos cinco años, nuestro equipo de trabajo en el Centro de Investigación Científica de Yucatán ha realizado investigaciones científicas importantes: la creación exitosa de nanopartículas de platino y níquel utilizando extractos naturales provenientes del árbol de ramón e incluso la biomasa del icónico sargazo del Mar Caribe (Figura 5).





Aunque este logro es impresionante, no ha estado exento de desafíos intrigantes ya que muchas veces las nanopartículas se encuentran aglomeradas lo que nos ha llevado a explorar métodos innovadores para su dispersión. Sin embargo, guiados por la filosofía de la síntesis verde, hemos desentrañado una metodología sorprendentemente efectiva utilizando únicamente agua y un precursor natural proveniente de alguna fuente de biomasa. ¡Imagina, en un solo paso, generamos nanopartículas que varían de 2 a 50 nanómetros!

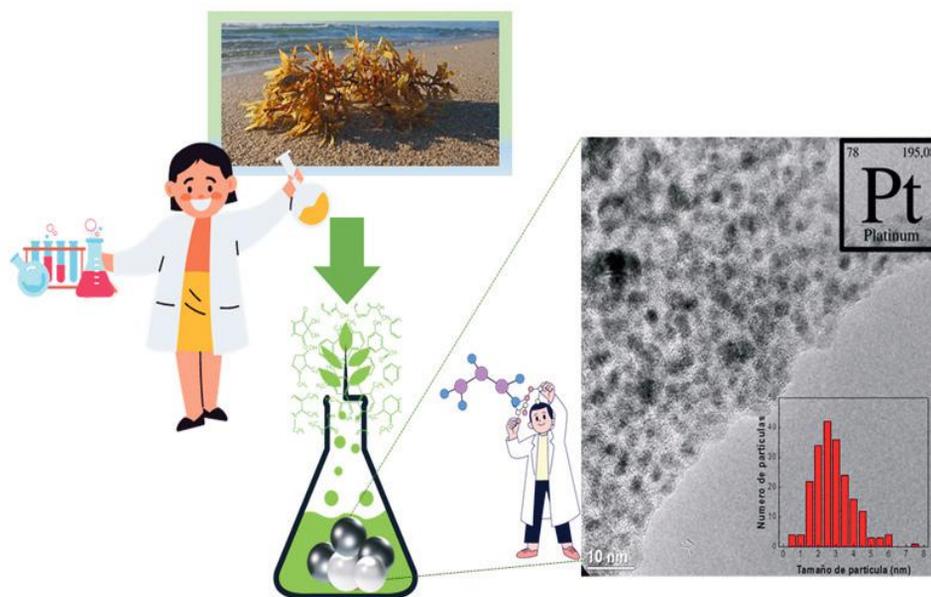
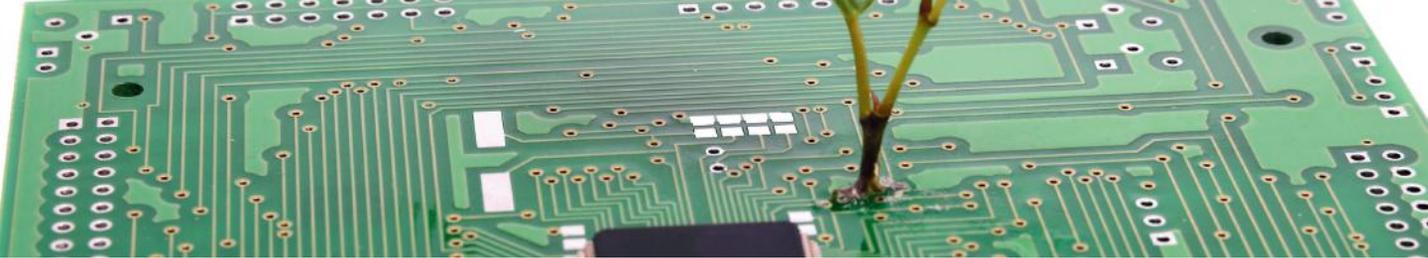


Figura 5. Síntesis verde de nanopartículas de platino utilizando extractos del *Sargassum* spp.

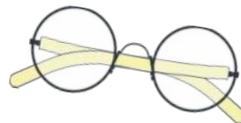
Estas diminutas maravillas no solo alimentan nuestra curiosidad, sino que también ofrecen un potencial sobresaliente en el campo de la generación de energía. A medida que continuamos avanzando, nuestro camino se tiñe cada vez más de tonalidades ecológicas y de promesas sostenibles. La capacidad de forjar nanotecnología respetuosa con el medio ambiente no solo inspira a nivel científico, sino que también apunta hacia una senda que abraza la responsabilidad y el futuro de nuestro planeta.



Para llevar



La nanotecnología ha sido un enfoque revolucionario en la comprensión de la formación de la materia y como esta puede ser manipulada a una escala nanométrica. A través de esta exploración, se han podido descubrir grandes posibilidades de utilizar la nanotecnología en diferentes campos como lo son la electrónica, la óptica, la industria automotriz, la medicina y la generación de energía, solo por mencionar algunos.



Además, la síntesis de nanopartículas a partir de fuentes renovables y la aplicación de la química verde son dos enfoques prometedores de desarrollo ya que se puede minimizar el impacto ambiental y representa una opción factible para aprovechar recursos como el sargazo para la obtención de nanomateriales. 

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) y a la ayuda técnica de J. M. Baas-Lopez.

Crédito de imágenes en orden de aparición: D3Damon (Getty Images, GI), koto_feja (GI), MF3d (Getty Images Signature, GIS), Flaticons, Giuseppe Ramos G, BlueRingMedia, Worayuth Kamonsuwan (GI), mspoint, amethyststudio, Victoria Sergeeva, FXQuadro (GI), gazanfer (GI), Kallayanee Naloka (GI), photo3idea, Yuuji (GIS), Eucalyp, loritasmedina, davidf (GIS), gazanfer (GIS), graphixmania, Chirawan, vectorwin, Simfo /GIS(, Muhammad Usman, M.Wallflower (Sketchify, S), Phive2015 (GI), freepresent, tuchel, hafizdzakimcd, veleri, mediaphotos (GIS), Pipat, photohamster, Ivanka Nikitovic, GoodLifeStudio (GIS), LeonidSad (GI), VectorsLab, Painter06 (pixabay, P), DeanMoth (P), sangidan, Buravleva stock, Nikita Golubev, iconpix.

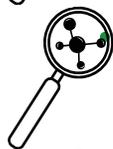
Diseño de publicación: Yareli Fiburcio



Para Consulta



Zhang Y-H, Wu L-R, Ma J, *et al.* 2023. Nanotechnology in solid state batteries, what's next? *Next Nanotechnology* 2: 100011. <https://doi.org/10.1016/j.nxnano.2023.100011>



Shukla S, Khan R, Saxena A, *et al.* 2023. 14 Future of modern society: Sustainability in green nanotechnology. 393-410. In: CM Hussain, NN Nassar (eds) *Nanoremediation*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823874-5.00001-2>



El-Sheekh MM, Morsi HH, Hassan LHS, *et al.* 2022. The efficient role of algae as green factories for nanotechnology and their vital applications. *Microbiological Research* 263: 127111. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127111>



Rosas-Medellín D, Pérez-Salcedo KY, Morales-Acosta D, *et al.* 2021. Green synthesis of Pt nanoparticles and their application in the oxygen reduction reaction. *J Mater Res* 36: 4131–4140. <https://doi.org/10.1557/s43578-021-00281-8>





Beatriz Escobar Morales

Investigadora x México, adscrita al CICY. Sus áreas de interés son desarrollo de materiales de carbono obtenidos de biomasa y síntesis verde de nanopartículas metálicas a partir de extractos naturales para aplicaciones en la generación de energía, y el desarrollo de prototipos de tecnología del hidrógeno.

contacto: beatriz.escobar@cicy.mx



Diego Alejandro Ruvalcaba Servín

Egresado de la carrera de nanotecnología de la Universidad Tecnológica Metropolitana de Aguascalientes, experiencia en centros de investigación nacional y apoyo de proyecto internacional, ha realizado trabajos en laboratorios de energía renovable, así como en laboratorios de fertilizantes y productos orgánicos.

contacto: utm19020109@utma.edu.mx



Nancy Gpe. González Canché

Investigadora Posdoctoral por CONAHCYT en el Colegio de la Frontera Sur Unidad Villahermosa. Integrante de la Red de Mujeres Indígenas en la Ciencia. Mis áreas de interés son la valorización de residuos biomásicos para el desarrollo de materiales carbonosos para aplicaciones en energía termosolar, biocombustibles sólidos, agricultura sustentable, así como el diseño de materiales compuestos avanzados.

contacto: nancy.gonzalezcanche@gmail.com



David Fernando Rosas Medellín

Estudiante de doctorado en el Centro de Investigación Científica de Yucatán CICY. Sus áreas de interés son desarrollo de materiales de carbono obtenidos de biomasa y síntesis verde de nanopartículas metálicas a partir de extractos naturales para aplicaciones en la generación de energía.

contacto: david.rosas.medellin@hotmail.com