



# 04

## TRANSFORMANDO DESECHOS EN INNOVACIÓN: LA SÍNTESIS VERDE DE NANOPARTÍCULAS

Jorge Roberto Puente-Medina

Andrés Isaí Romo-Galindo

Margarita Cid-Hernández

Diego Alberto Lomelí-Rosales

### RESUMEN

Tras preparar tu comida en casa, son desechados a la basura diversos materiales orgánicos, como las cáscaras de cítricos, residuos de chile, o incluso al podar el jardín, se desechan partes de algunas plantas sin considerar su potencial. Ahora, imagina que esos desechos pueden emplearse en síntesis de nanopartículas con aplicaciones en medicina y tecnología.

La contaminación y el desperdicio de materiales orgánicos son problemas crecientes a nivel global. En México, se desperdician miles de toneladas de alimentos cada año. Estos residuos no solo generan contaminación, sino que también afectan gravemente nuestros ecosistemas. Ante esta situación, la ciencia ha encontrado una oportunidad de aprovechamiento innovadora: la síntesis verde de nanopartículas. Este método permite aprovechar moléculas orgánicas contenidas en algunos desechos como cáscaras de frutas y verduras, así como subproductos de la industria alimentaria, que combinados con iones metálicos, permiten producir nanopartículas con aplicaciones en medicina, energía y tecnología. Todo esto de manera sustentable y reduciendo el uso de químicos contaminantes y nocivos para la salud.



En este artículo exploramos cómo esta técnica revolucionaria transforma los residuos en recursos valiosos, promoviendo una economía circular y reduciendo el impacto ambiental.

### **PALABRAS CLAVE**

Química verde, nanopartículas, sustentabilidad, tecnología limpia, innovación científica

México, como muchos otros países, enfrenta un grave problema de desperdicio de alimentos. Según datos del Banco de Alimentos de México (BAMX), un tercio del alimento producidos se desperdicia en el país (1).

Estos residuos no solo representan una pérdida económica, sino que también tienen un impacto ambiental devastador si no se desechan adecuadamente. Cuando los desechos orgánicos se descomponen en vertederos, liberan gases, como dióxido de carbono y metano, siendo ambos gases de efecto invernadero.

Además, si no se realiza el manejo adecuado, la acumulación de estos residuos contaminan suelos y cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Frente a este panorama, es urgente encontrar alternativas que permitan reducir este desperdicio y aprovechar los residuos de manera eficiente.

Aquí es donde las y los científicos colaboran de forma activa, y un ejemplo de ello es la síntesis verde de nanopartículas que emerge como una de las múltiples soluciones prometedoras.

Pero hagamos un paréntesis para definir estas nanopartículas. Las cuales son una partícula diminuta, tan pequeña que su tamaño se mide en nanómetros, es decir, la millonésima parte de un milímetro.

Para ponerlo en perspectiva, si comparáramos una nanopartícula con una pelota de fútbol, sería como comparar esa misma pelota con el planeta Tierra.

Estas partículas tienen propiedades diferentes o aumentadas cuando se contrastan con el mismo material en su escala macrométrica (como comunmente los conocemos) que las hacen útiles en una amplia gama de aplicaciones, desde la medicina hasta la tecnología.

Por ejemplo, el oro, un metal comúnmente considerado inerte, presenta propiedades catalíticas en su forma de nanopartículas.

Ahora bien, una pregunta que puede estar en mente es: ¿qué es la síntesis verde y qué implicaciones tiene?

La síntesis verde de nanopartículas es un proceso que utiliza extractos, comúnmente acuosos, de plantas, frutas, verduras y otros desechos orgánicos, los cuales contienen sustancias naturales como azúcares, aminoácidos, flavonoides, terpenos y ácidos orgánicos, llamados metabolitos.

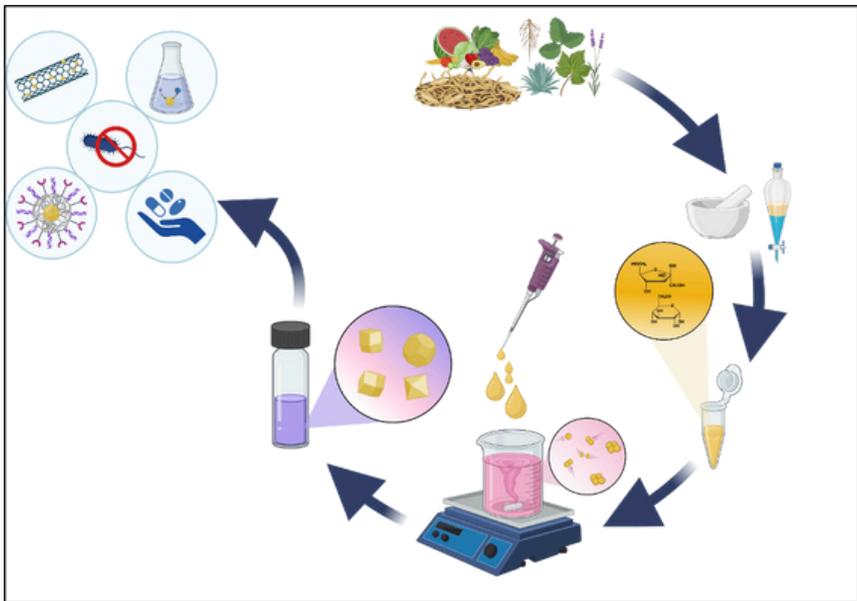
Este método es sencillo y ecológico, similar a preparar un té. Dichos metabolitos, actúan transformando iones de metales disueltos en nanopartículas estables, mediante procesos de oxidación – reducción[1].

A diferencia de los métodos tradicionales, que requieren químicos tóxicos y gran consumo de energía, la síntesis verde minimiza el uso de sustancias peligrosas y reduce considerablemente el impacto ambiental.

[1] El proceso de oxidación-reducción (o redox) es una reacción química en la que ocurre un intercambio de electrones entre sustancias. Es como un préstamo de dinero entre dos amigos, uno de ellos cede dinero (oxidación), el otro recibe dinero (reducción).

Por ejemplo, los extractos de cáscaras de naranja y limón, ricas en ácido cítrico y vitamina C, han demostrado ser efectivas en la síntesis de nanopartículas de plata y oro. De manera similar, los residuos de chile, cáscara de naranja, limón, mandarina, plátano, mango y granada han sido empleados para este fin. Estos procesos no solo son eficientes, sino también económicos, ya que aprovechan materiales que de otro modo serían desechados sin aprovechar en su totalidad sus biomoléculas.

Las nanopartículas producidas mediante síntesis verde (Fig. 1) tienen una amplia gama de aplicaciones, muchas de las cuales están revolucionando puntos clave en la industria. En el campo de la medicina, por ejemplo, las nanopartículas de plata se utilizan en la fabricación de vendajes antibacterianos y recubrimientos para dispositivos médicos.



**Figura 1: Imagen conceptual que representa la extracción de biomoléculas de desechos orgánicos y su empleo en la formación de nanopartículas metálicas para diversas aplicaciones (imagen elaborada utilizando BioRender y PowerPoint).**



Estas nanopartículas tienen la capacidad de eliminar bacterias resistentes a los antibióticos, lo que las convierte en una herramienta valiosa en la lucha contra las infecciones hospitalarias (2). En el sector energético, las nanopartículas de óxido de zinc, óxido de cobre y dióxido de titanio se utilizan en la fabricación de celdas solares y baterías de alta eficiencia. Estas nanopartículas mejoran la conductividad eléctrica y la capacidad de almacenamiento de energía, contribuyendo al desarrollo de tecnologías más sostenibles y eficientes (3).

En la industria electrónica, las nanopartículas también están desempeñando un papel crucial. Por ejemplo, las nanopartículas de oro se utilizan en la fabricación de sensores ultrasensibles y dispositivos electrónicos flexibles. Estas aplicaciones mejoran el rendimiento de los dispositivos, permitiendo además el uso eficiente de materiales, lo cual contribuye a reducir el impacto ambiental (4).

Pero no todo termina ahí, ya que, uno de los mayores beneficios de la síntesis verde de nanopartículas es su contribución a la economía circular. Este modelo económico busca reducir el desperdicio y maximizar el uso de los recursos, que en este caso, se cierra el ciclo de vida de los materiales orgánicos al extraer moléculas de alto valor agregado ya que se involucran en la síntesis de nanopartículas metálicas, evitando el consumo de químicos convencionales que pueden ser costosos e incluso presentar cierto grado de toxicidad.

Pero tenemos que ser objetivos, ya que, a pesar de sus numerosos beneficios descritos anteriormente, la síntesis verde de nanopartículas aún enfrenta algunos desafíos. Uno de los principales es la estandarización de los procesos de producción.

Dado que los materiales orgánicos utilizados pueden variar en su composición química, es necesario desarrollar métodos que garanticen la consistencia en el tamaño y las propiedades de las nanopartículas.



Además, se requiere más investigación para optimizar los procesos y reducir los costos de producción, sin embargo, el futuro de la síntesis verde es prometedor.

A medida que más investigadores y empresas adopten esta tecnología, es probable que veamos avances significativos en su aplicación. Además, el creciente interés en la sostenibilidad y la economía circular está impulsando la demanda de soluciones innovadoras como esta (5).

## **CONCLUSIÓN**

Finalmente, podemos concluir que la síntesis verde de nanopartículas representa un cambio de paradigma en la forma en que abordamos cómo tratar con los desperdicios al transformar desechos comunes en materiales de alto valor agregado, esta estrategia no solo contribuye con reducir el impacto ambiental, sino que también abre nuevas oportunidades de aplicación para las nanopartículas en medicina, energía y tecnología aumentando su biocompatibilidad y reduciendo la toxicidad provocada por los residuos en la síntesis tradicional.

En un mundo donde los desafíos ambientales son cada vez más urgentes, la síntesis verde ofrece una solución innovadora y sostenible. Al adoptar este enfoque, podemos avanzar hacia un futuro donde los residuos ya no sean un problema, sino una fuente de innovación y progreso.



Q. Jorge Roberto Puente-Medina<sup>1\*</sup>

Andrés Isaí Romo-Galindo<sup>2\*</sup>

Dra. Margarita Cid-Hernández.<sup>3\*</sup>

Dr. Diego Alberto Lomeli-Rosales.<sup>4\*</sup>

1. Estudiante de la Maestría en Ciencias en Química, Departamento de Química, CUCEI-UDG. [jorge.puente7425@alumnos.udg.mx](mailto:jorge.puente7425@alumnos.udg.mx).
2. Estudiante de la Licenciatura en Química, Departamento de Química, CUCEI-UDG. [andres.romo4661@alumnos.udg.mx](mailto:andres.romo4661@alumnos.udg.mx).
3. Profesor Asociado, Departamento de Química, CUCEI-UDG Departamento de Química, [margarita.cid@academicos.udg.mx](mailto:margarita.cid@academicos.udg.mx).
4. Profesor Asociado, Departamento de Química, CUCEI-UDG [diego.lomeli4077@academicos.udg.mx](mailto:diego.lomeli4077@academicos.udg.mx).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Procuraduría Federal del Consumidor. Evita el desperdicio de alimentos. Junio 2022. (Consultado 03 febrero 2024). <https://www.gob.mx/profeco/documentos/evita-el-desperdicio-de-alimentos>.
2. Lomeli-Rosales DA, Zamudio-Ojeda A, Reyes-Maldonado OK, López-Reyes ME, Basulto-Padilla GC, Lopez-Naranjo EJ, et al. Green Synthesis of Gold and Silver Nanoparticles Using Leaf Extract of Capsicum chinense Plant. *Molecules*. 2022 Mar 4;27(5):1692.
3. Chavali MS, Nikolova MP. Metal oxide nanoparticles and their applications in nanotechnology. *SN Appl Sci*. 2019 Jun 20;1(6):607.
4. Kumalasari MR, Alfanaar R, Andreani AS. Gold nanoparticles (AuNPs): A versatile material for biosensor application. *Talanta Open*. 2024 Aug;9:100327.
5. Rabalao TM, Ndaba B, Roopnarain A, Vatsha B. Towards a circular economy: The influence of extraction methods on phytosynthesis of metallic nanoparticles and their impact on crop growth and protection. *JSFA reports*. 2022 May 18;2(5):208–21