

APLICACIONES INNOVADORAS DE NANOPARTÍCULAS BIOSINTETIZADAS: AVANCES Y PERSPECTIVAS

INNOVATIVE APPLICATIONS OF BIOSYNTHESIZED
NANOPARTICLES: ADVANCES AND PERSPECTIVES

CARLOS A. GARCÍA MARTÍNEZ¹

VÍCTOR M. OVANDO
MEDINA²

RESUMEN

Las nanopartículas tienen una amplia variedad de aplicaciones en el sector industrial y de la investigación. Han sido estudiadas en los últimos tiempos y se han posicionado como una alternativa eficiente para la generación de productos con mayor durabilidad y resistencia gracias a sus múltiples funcionalidades y propiedades. La obtención de nanopartículas es posible por tres métodos de síntesis: físicos, químicos y biológicos. Los primeros dos son los más utilizados y evaluados por poseer una mayor variedad de condiciones para su síntesis; sin embargo, requieren un alto uso energético y/o un elevado número de reactivos y generan un mayor volumen de desechos o carga de contaminantes al ambiente. La biosíntesis o síntesis biológica por su parte, es considerada como una buena alternativa para la producción de nanopartículas, al ser mucho más eficiente en cuanto a costos y producción, además de generar nanopartículas con mayor biocompatibilidad y propiedades más efectivas para aplicaciones clínicas, médicas, ambientales y en alimentos.

Palabras clave: nanopartículas; síntesis; biosíntesis; biocompatibilidad.

ABSTRACT

Nanoparticles are materials that have a wide range of applications in the industrial and research sectors. They have been recently studied and have positioned themselves as an efficient alternative for generating products with greater durability and resistance, due to their multiple functionalities and properties. The production of nanoparticles can be achieved through three synthesis methods: physical, chemical, and

LORENA FARÍAS CEPEDA¹

LUCERO ROSALES MARINES¹

ANTONIA MARTÍNEZ
LUÉVANOS¹

1. Facultad de Ciencias
Químicas, Unidad Sureste,
UAdeC.

2. Unidad Académica
Multidisciplinaria Región
Altiplano, Universidad
Autónoma de San Luis Potosí

Correspondencia
c-garciamartinez@uadec.edu.mx

Fecha de recepción
15 de noviembre de 2024.

Fecha de aceptación
10 de febrero de 2025.

biological. The first two of these are the most used and evaluated, as they offer a greater variety of alternatives for nanoparticle synthesis. However, it has been found that they require high energy consumption or a significant number of reagents, leading to a larger volume of waste or environmental contaminants. Biosynthesis, or biological synthesis, on the other hand, is considered a good alternative for producing nanoparticles, as it is much more cost-effective and efficient in terms of production, while also generating nanoparticles with greater biocompatibility and more effective properties for clinical, medical, environmental, and food applications.

Keywords: nanoparticles; synthesis; biosynthesis; biocompatibility.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido un gran avance académico, médico, industrial y ambiental, permitiendo resolver problemáticas específicas a las que se enfrentan cada una de estas áreas. Una de las mayores preocupaciones de hoy en día es la contaminación ambiental a nivel mundial, provocada tanto por actividades cotidianas como industriales que generan grandes cantidades de agentes contaminantes en el entorno, el agua, el suelo y el aire, elementos de suma importancia para la vida y la salud. Atendiendo esta situación, la generación de nuevos materiales ha permitido otra perspectiva de los métodos de tratamiento o remoción de contaminantes generados por las actividades antropogénicas.

Hoy en día, los nanomateriales son considerados uno de los avances tecnológicos más eficientes ya que tienen aplicaciones en distintas áreas, porque presentan propiedades fisicoquímicas diferentes a las que tienen esos mismos materiales, pero a escalas mayores. Las nanopartículas son una clase particular de nanomateriales con aplicaciones en diversos campos como la electrónica, catálisis,



CienciAcierta

tratamiento de aguas residuales o medios contaminados, inhibidores de la corrosión en metales, entre muchas otras (El-Seedi y col., 2019). Las síntesis de nanopartículas, como su nombre lo indica, es la obtención de partículas a escala nanométrica en su mayoría metálicas como Au, Ag, Cu, Zn, Fe, Se. Sin embargo, se han registrado investigaciones en las que se encuentran otros elementos, por ejemplo, Ovando-Medina y col. (2023) reportaron el uso de un material fotocatalítico (ZnO) dopado de nanopartículas de praseodimio (Pr) para la fotodegradación de agua contaminada con azul de metileno (colorante de uso textil), con las cuales lograron una disminución de hasta el 97% de las concentraciones iniciales del agente contaminante en tiempos relativamente cortos.

Existen tres métodos principales para la síntesis de nanopartículas y nanomateriales, la síntesis química, física y biológica. La biosíntesis es un método que no requiere de consumo energético y/o generación de residuos durante el proceso, contaminantes que en la mayoría de las ocasiones terminan en el medio ambiente. La síntesis verde de nanopartículas utiliza una variedad de especies naturales como bacterias, microorganismos, plantas y extractos de plantas, entre otras más (Salem, 2023).

La síntesis biológica de nanopartículas permite la generación de partículas a escala nanométrica con distintas morfologías estructurales, donde las condiciones de síntesis a tomar en cuenta son el pH, tiempo, temperatura, sustrato, material para la generación de las nanopartículas, enzimas y biomasa utilizada (Salem, 2023). La aplicación de estos materiales en el área ambiental contribuye significativamente a la mejora en tecnologías para la remoción o degradación de contaminantes en agua, suelo e inclusive aire, desde la generación de hidrogeles para la adsorción, materiales fotocatalíticos para la degradación de contaminantes o membranas para la filtración de estos (Policarpo y col., 2023).

El objetivo de esta revisión bibliográfica es divulgar el método de biosíntesis como una alternativa eficiente para la obtención de nanopartículas, así como sus aplicaciones.

NANOMATERIALES

El término nanotecnología se empezó a utilizar entre 1974 y 1986 por los investigadores Norio Taniguchi y Erick Drexler para describir materiales a nanoescala y sus aplicaciones (Chávez-Hernández y col., 2024), generaría interés para sintetizar materiales mucho más funcionales, con características y propiedades mejoradas para aplicaciones novedosas. Su introducción en las industrias de materiales, alimentos e inclusive de la farmacéutica ha generado una nueva revolución de métodos de producción direccionados a un producto de mayor potencial y hasta innovador, estructurados de manera controlada a pequeñas escalas desde su síntesis.

La explotación inadecuada de los recursos naturales para la satisfacción de las necesidades de los seres humanos ha sido uno de los impulsos para la generación de nuevos materiales, con mayor durabilidad y eficiencia, enfoque del que surgieron la síntesis y aplicaciones de los nanomateriales.

Actualmente, los nanomateriales se pueden encontrar en muchos de los productos que consumimos. Al ser materiales con una amplia variedad de aplicaciones, su relevancia económica ha provocado que desde hace aproximadamente veinte años se registren usos y patentes en nuevas áreas de la industria de alimentos, de la tecnología, medicina, cosmética, etc. (Chávez-Hernández y col., 2024). Productos como celdas fotovoltaicas, cosméticos mejorados, dentífricos, nuevos fármacos, dispositivos electrónicos, tratamientos de enfermedades y remediación de contaminantes son algunas de las aplicaciones que se les han dado a los nanomateriales en las áreas de la industria e investigación.

MÉTODOS DE SÍNTESIS PARA NANOPARTÍCULAS

La síntesis de nanomateriales se divide principalmente en dos enfoques, el enfoque de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, también conocidos como enfoques *top-down* y *bottom-up*. El primero parte de grandes cantidades de material o a granel, en donde por métodos físicos o mecánicos se producen materiales de menor escala, mientras que los enfoques *bottom-up* hacen referencia a los métodos químicos de síntesis en los que se parte de la unión de átomos o moléculas hasta lograr el tamaño de escala adecuado. (Baig y col., 2021). Estos enfoques se muestran en la Figura 1.

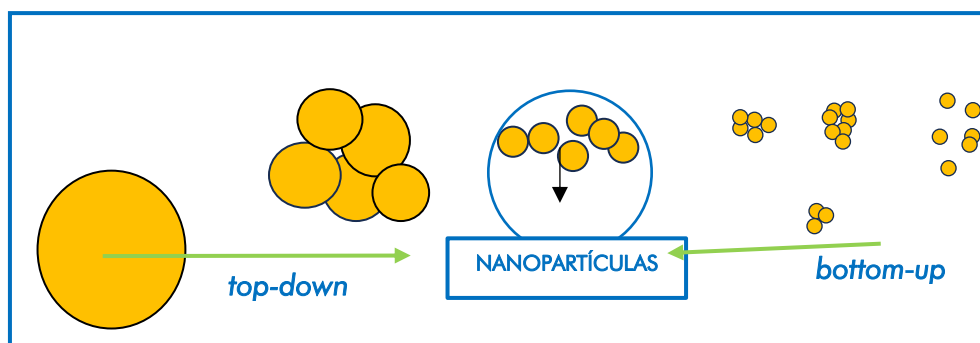


Figura 1. Enfoques principales para la síntesis de nanomateriales.

Entre los nanomateriales más utilizados e investigados están las nanopartículas, definidas usualmente como partículas con rangos de diámetro de entre 1-100 nm. La síntesis de nanopartículas está dividida en tres principales métodos: físicos, químicos y biológicos (El-Seedi y col., 2019), tal como se muestra en la Figura 2.





Figura 2. Métodos generales para la síntesis de nanopartículas y algunos nanomateriales (Geldasa y col., 2023; Policarpo y col., 2023).

BIOSÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS

La biosíntesis o método biológico es actualmente una alternativa novedosa de síntesis de nanopartículas que toma como fundamento la nanotecnología verde. A diferencia de los métodos físicos y químicos, no requiere grandes cantidades de energía ni genera una alta cantidad de residuos, por lo que es considerado el método más viable para la síntesis de estos materiales, al ser más sostenible, rentable y menos contaminante.

Esta alternativa de síntesis cita algunos de los principios de la química verde al utilizar fuentes biológicas o naturales e incorporarlas para la fabricación a gran escala teniendo un menor riesgo a la salud y un mayor potencial en el cuidado ambiental, así como obtener productos menos tóxicos y un bajo uso de energía durante la producción. El uso



CienciAcierta

de nanopartículas obtenidas mediante biosíntesis ha mostrado resultados efectivos para estudios de remediación de suelos, agua contaminada, actividad antibacteriana eficaz contra cepas, patógenos en la salud, en sector alimenticio y agroalimentario (Larrañaga-Tapia y col., 2024). Como se ha mencionado, existen distintos métodos biosíntesis de nanopartículas, Mageswari y col. (2015), reportaron la síntesis de nanopartículas de plata con bacterias *Pseudomonas mandelli*, *Pseudomonas jessenii* y *Pseudomonas gessardii*, que tuvieron la capacidad de generar nanopartículas con tamaños de entre 4.4 nm hasta 11.7 nm, siendo este un método rentable al no requerir demasiada energía, pues las condiciones de síntesis para las bacterias fue de entre 5-30°C siendo el sustrato nitrato de plata (AgNO_3) a distintas concentraciones. En la tabla 1 se mencionan las principales ventajas y desventajas de la biosíntesis de nanopartículas.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la biosíntesis de nanopartículas.

Biosíntesis de nanopartículas	
Ventajas	Desventajas
• Obtención de nanopartículas sin la alta generación de contaminantes. • Obtención de nanopartículas con mejor morfología y propiedades. • Obtención de nanopartículas con mayor biocompatibilidad para aplicaciones médicas y salud. • Bajo uso de sustancias químicas durante la síntesis. • Baja demanda de consumo energético. • Uso de materias primas renovables. • Amplia aplicación para materiales tecnológicos y ambientales. Método más sustentable, sostenible y rentable.	• La síntesis depende de condiciones específicas (pH, temperatura, sustrato, entre otros). • Síntesis de tiempos prolongados. • Demanda de productos naturales. • Algunos métodos requieren de energía natural. • Limitación en cuanto a grandes volúmenes de producción.

APLICACIONES DE NANOPARTÍCULAS SINTETIZADAS DE MANERA BIOLÓGICA

Las nanopartículas sintetizadas de manera biológica poseen, de acuerdo con diversos estudios, propiedades químicas mejoradas, así como estructuras variadas de acuerdo con el método y espécimen biológico utilizado. En diversas evaluaciones e investigaciones algunas especies biológicas han permitido la producción de nanopartículas de Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pt, Au y Ag a partir de sales y óxidos metálicos utilizando plantas, hongos, microorganismos y algas principalmente (Meena y col., 2024). Durante dicho proceso de síntesis las biomoléculas liberadas por el metabolismo del organismo como enzimas, polisacáridos y carbohidratos permiten la oxidación y/o reducción de los iones metálicos presentes en el sustrato (Salem, 2023).

Las nanopartículas obtenidas por biosíntesis pueden utilizarse en numerosas áreas de la medicina y los alimentos, áreas de la investigación en las que más abundan las aplicaciones de estos materiales. Un ejemplo de dichas aplicaciones en el área médica es la descrita por Sakore y col. (2023); ellos sintetizaron nanopartículas de Au a partir de extractos de plantas con soluciones de sales de este metal y las emplearon para el tratamiento y diagnóstico de cáncer en humanos, Figura 3. Sakore y col. mencionan que la biosíntesis de nanopartículas de Au generó una mejor biocompatibilidad y estabilidad de estas, eficaces para su aplicación durante las terapias y administraciones de medicamentos en los pacientes.

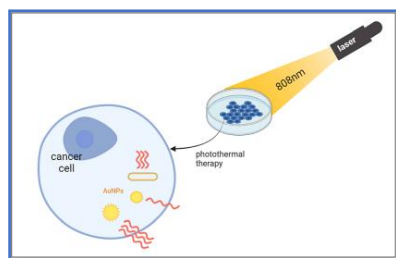


Figura 3. Aplicación de nanopartículas de Au para tratamiento LSPR en pacientes con cáncer (Sakore y col., 2023).

Otra de las aplicaciones que se les ha dado a las nanopartículas obtenidas por biosíntesis, al igual que diversos nanomateriales, es la innovación en materiales o productos, en este sentido Santos y col. (2021) modificaron la superficie de productos textiles con la adición de nanopartículas de Ag sintetizadas de los extractos de *Beta Vulgaris* en distintas proporciones, para desarrollar productos con mayor resistencia e inhibición a microorganismos patógenos que toman el calor y la humedad de prendas usadas para su proliferación. Este tipo de aplicaciones son importantes para pacientes con defensas inmunitarias bajas o personas con problemas en la piel, siendo un avance para la generación de textiles inteligentes. Santos y col. complementan que los métodos de biosíntesis de nanopartículas son rutas efectivas para obtener estos materiales con baja toxicidad.

Las nanopartículas obtenidas por biosíntesis también tienen aplicaciones en el área de la tecnología, Davarnia y col. (2020) desarrollaron un sensor para la detección de quercetina, componente natural producido en granos, frutas y verduras; a partir de un electrodo de carbono modificado con nanopartículas de plata obtenidas a partir de extractos de *Peganum harmala*, aceite de parafina y n-hexyl-3-methylimidazolium hexafluoro fosfato (MIHP). Davarnia y col. determinaron que además de ser un material antibacteriano eficiente para *Streptococcus sp*, el electrodo modificado con las nanopartículas de plata desarrollo una eficiente actividad catalítica para la identificación de quercetina a rango de concentraciones de 0.01 a 550 μM .

APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS PARA REMOCIÓN DE AGENTES CONTAMINANTES

Las condiciones actuales a las que se enfrenta el medio ambiente son, en su mayoría, consecuencia de la actividad humana descontrolada, la



CienciAcierta

alta demanda de productos de fabricación industrial y la desmedida emisión de agentes contaminantes al medio ambiente. Tales condiciones han generado nuevas estrategias para la recuperación de los entornos afectados. El desarrollo de nuevas tecnologías de remediación ha sido un avance fundamental para dar solución a estas problemáticas; dichas tecnologías se dividen en tres tipos de remediación: físicas, químicas y biológicas, algunas de gran inversión económica y alto requerimiento energético: las tecnologías físicas y químicas (Sun y col., 2023).

El aumento de las diferentes aplicaciones de las nanopartículas en los últimos años ha permitido el mejoramiento de las tecnologías de remediación anteriormente mencionadas e inclusive la generación de algunas nuevas. Las nanopartículas sintetizadas a partir de desechos de la agricultura, plantas, extractos de plantas, microorganismos, bacterias, hongos y demás, han sido aplicadas para el tratamiento de aguas y efluentes, y algunas de estas aplicaciones pueden ser conjugadas con compuestos bioactivos que pueden permitir la unión con diferentes tipos de nanopartículas (Policarpo y col., 2023). Un ejemplo de esto es el ZnO dopado con nanopartículas de algún metal, utilizado para la remediación por fotocatalisis, el cual se activa con luz ultravioleta, luz visible o radiación infrarroja (Rathod y col., 2024) para la degradación de contaminantes. La aplicación de nanopartículas se ve fuertemente ligada a la remediación de casi todo tipo de contaminantes desde metales pesados, fármacos, colorantes, aceites, entre muchos más. Las nanopartículas aplicadas con técnicas como la filtración y la adsorción para la remoción de este tipo de contaminantes han generado resultados mucho más eficientes. Una aplicación novedosa de estos materiales además de la remediación para contaminantes, podría ser el uso de TiO_2 adicionado a suelos con baja cantidad de nutrientes, útil para su regeneración dando condiciones eficientes y biocompatibles para el cultivo de algunas plantas o cosechas (Roy y col., 2024).

Estudios como el realizado por López-Miranda y col. (2023) en el que con nanopartículas de Ag y Au sintetizadas a partir del extracto de *Sargassum*, aplicadas para la degradación de contaminantes,



diferenciaron las propiedades fotocatalíticas para cada uno de estos metales, removiendo tintes orgánicos en aguas en los que obtuvieron entre 70 y 80 % de degradación con partículas de Ag , mientras que con las nanopartículas de Au se obtuvieron entre el 80 y el 96 % de degradación para dichos tintes, siendo para ambas nanopartículas una cantidad considerable. Al igual que en esta investigación existen aplicaciones de materiales con nanopartículas que han removido o degradado contaminantes de alto impacto como metales pesados, grasas, aceites, colorantes e inclusive material inorgánico (Shahnaz y col., 2024; Khoiriah & Putri, 2024; Kashyap y col., 2023). Las tecnologías de remediación con nanopartículas sintetizadas de manera biológica podrían generar una alternativa mucho más innovadora, eficiente y sustentable para la solución de problemas de contaminación.

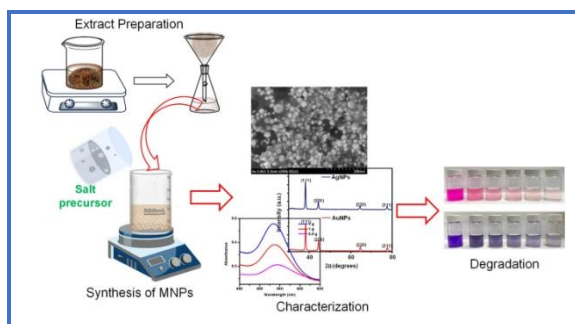


Figura 4. Obtención de nanopartículas de Ag y Au a partir del extracto de *Sargassum* para degradación de colorantes (López-Miranda y col., 2023).

CONCLUSIONES

La biosíntesis de nanopartículas es un método altamente eficiente y una alternativa viable para su aplicación en diversos sectores industriales y de investigación. Este enfoque de síntesis es menos nocivo para el medio ambiente, promueve la sustentabilidad y el equilibrio, y presenta una inversión de bajo costo. Además, las nanopartículas generadas por biosíntesis no solo son innovadoras por su forma de obtención, sino

que también han tenido un alto impacto gracias a su baja demanda energética durante la síntesis y sus propiedades mejoradas, como su baja o nula toxicidad. Estas características amplían sus aplicaciones en áreas como la medicina y los alimentos. Asimismo, el uso de estas nanopartículas en nuevas tecnologías de remediación ambiental ha demostrado resultados positivos tanto en su síntesis como en su capacidad para solucionar problemas medioambientales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila por el acceso a la información para llevar a cabo esta revisión y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por el apoyo con la beca número 2061709.

REFERENCIAS

- Baig, N., Kammakakam, I., & Falath, W. (2021). Nanomaterials: a review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges. *Materials Advances*, 2(6): 1821-1871. <https://doi.org/10.1039/d0ma00807a>.
- Chávez-Hernández, J. A., Velarde-Salcedo, A. J., Navarro-Tovar, G., & Gonzalez, C. (2024). Safe nanomaterials: from their use, application and disposal to regulations. *Nanoscale Advances*. <https://doi.org/10.1039/d3na01097j>.
- Davarnia, B., Shahidi, S., Karimi-Maleh, H., Ghorbani-HasanSaraei, A., & Karimi, F. (2020). Biosynthesis of Ag Nanoparticle by Peganum Harmala Extract; Antimicrobial Activity and Ability for Fabrication of Quercetin Food Electrochemical Sensor. *International Journal of Electrochemical Science*, 15(3): 2549-2560. <https://doi.org/10.20964/2020.03.70>.
- El-Seedi, H. R., El-Shabasy, R. M., Khalifa, S. A. M., Saeed, A., Shah, A., Shah, R., Ifikhar, F. J., Abdel-Daim, M. M., Omri, A., Hajrahand, N. H., Sabir, J. S.



CienciAcierta

- M., Zou, X., Halabi, M. F., Sarhan, W., & Guo, W. (2019). Metal nanoparticles fabricated by green chemistry using natural extracts: biosynthesis, mechanisms, and applications. *RSC Advances*, 9(42): 24539-24559. <https://doi.org/10.1039/c9ra02225b>.
- Geldasa, F. T., Kebede, M. A., Shura, M. W., & Hone, F. G. (2023). Experimental and computational study of metal oxide nanoparticles for the photocatalytic degradation of organic pollutants: a review. *RSC Advances*, 13(27): 18404-18442. <https://doi.org/10.1039/d3ra01505j>.
- Polcarpo T. Fernanda Maria, Arpita Roy, H C Ananda Murthy (2023). Green Nanoremediation. En *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-30558-0>.
- Larrañaga-Tapia, M., Betancourt-Tovar, B., Videa, M., Antunes-Ricardo, M., & Cholula-Díaz, J. L. (2023). Green synthesis trends and potential applications of bimetallic nanoparticles towards the sustainable development goals 2030. *Nanoscale Advances*, 6(1): 51-71. <https://doi.org/10.1039/d3na00761h>.
- Khoiriah, K., & Putri, R. A. (2024). Biosynthesis of titanium dioxide nanoparticles using peel extract of *Parkia speciosa* for methyl orange degradation. *South African Journal of Botany*, 170: 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.05.021>
- Kashyap, P., Shirkot, P., Das, R., Pandey, H., & Singh, D. (2023). Biosynthesis and characterization of copper nanoparticles from *Stenotrophomonas maltophilia* and its effect on plant pathogens and pesticide degradation. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13: 100654. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100654>
- López-Miranda, J. L., Mares-Briones, F., Silva, R., Esparza, R., & Estevez, M. (2023). Green synthesis and characterization of metallic nanoparticles with environmental applications. *MRS Advances*, 8(20): 1172-1176. <https://doi.org/10.1557/s43580-023-00697-w>
- Meena, J., Sivasubramaniam, S. S., David, E., & K, S. (2024). Green Supercapacitor: Review and Perspectives of Sustainable Template-Free Synthesis of Metal and Metal Oxide Nanoparticle. *RSC Sustainability*. <https://doi.org/10.1039/d4su00009a>
- Mageswari, A., Subramanian, P., Ravindran, V., Yesodharan, S., Bagavan, A., Rahuman, A. A., Karthikeyan, S., & Gothandam, K. M. (2014). Synthesis and larvicidal activity of low-temperature stable silver nanoparticles from



psychrotolerant *Pseudomonas mandelii*. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(7): 5383-5394. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3735-5>

Ovando-Medina, V. M., Villabona-Leal, E. G., Antonio-Carmona, I. D., Martínez-Gutiérrez, H., Romero-Galarza, A., Dector, A., Mendoza-León, H. F., & Olivares-Ramírez, J. M. (2023). Synthesis of ZnO/ PrO₂ + Pr(OH)₃ nanoparticles for solar photodegradation of anionic and cationic mixed dyes. *Journal of Materials Science Materials in Electronics*, 34(12). <https://doi.org/10.1007/s10854-023-10424-8>

Rathod, S., Preetam, S., Pandey, C., & Bera, S. P. (2024). Exploring synthesis and applications of green nanoparticles and the role of nanotechnology in wastewater treatment. *Biotechnology Reports*, 41: e00830. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2024.e00830>

Roy, D., Yadav, A. K., & Goutam, S. P. (2025b). Green synthesized TiO₂ nanoparticles as a stimulator for aquaculture growth of *Oryza sativa* L. *Next Sustainability*, 5: 100073. <https://doi.org/10.1016/j.nxsust.2024.100073>

Sakore, P., Bhattacharya, S., Belemkar, S., Prajapati, B. G., & Elossaily, G. M. (2023). The theranostic potential of green nanotechnology-enabled gold nanoparticles in cancer: A paradigm shift on diagnosis and treatment approaches. *Results in Chemistry*, 7: 101264. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.101264>

Salem, S. S. (2023). A mini review on green nanotechnology and its development in biological effects. *Archives of Microbiology*, 205(4). <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03467-2>

Santos, O. A. L. D., De Araujo, I., Da Silva, F. D., Sales, M. N., Christoffolete, M. A., & Backx, B. P. (2021). Surface modification of textiles by green nanotechnology against pathogenic microorganisms. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4: 100206. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100206>

Shahnaz, N., Rasool, A., & Parveen, W. (2024). Catalytic degradation of aromatic dyes using triazolidine-thione stabilized Nickel nanoparticles. *Heliyon*, 2024: e40623. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40623>

Sun, J., Wang, F., Jia, X., Wang, X., Xiao, X., & Dong, H. (2023). Research progress of bio-slurry remediation technology for organic contaminated soil. *RSC Advances*, 13(15): 9903-9917. <https://doi.org/10.1039/d2ra06106f>



CienciaCierta