

SÍNTESIS VERDE DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA CON EXTRACTO DE *ROSMARINUS OFFICINALIS*

Biología y Química

GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING *ROSMARINUS OFFICINALIS* EXTRACT

RESUMEN

Las nanopartículas son materiales de escala nanométrica que poseen propiedades físicas y químicas distintas a las de su forma convencional, lo que ha permitido su aplicación en medicina, alimentos y cosmética. Entre ellas, las de plata (AgNPs) sobresalen por su reconocida actividad antimicrobiana. La síntesis verde, que emplea extractos vegetales como agentes reductores, constituye una alternativa sustentable. En este contexto, el romero (*Rosmarinus officinalis*) destaca por sus metabolitos con actividad antioxidante y antimicrobiana, útiles para la obtención de AgNPs. En este estudio se empleó extracto acuoso de Romero para la obtención de nanopartículas de plata, con la finalidad de explorar su potencial en aplicaciones biomédicas. Se preparó una solución madre de nitrato de plata a 1 mM disolviendo 0.034 g en 200 mL de agua destilada. Se utilizó una proporción de 1:1 entre el extracto de *Rosmarinus Officinalis*. y la solución de AgNO_3 . La mezcla se mantuvo a 65 °C bajo agitación durante una hora. Posteriormente, se centrifugó para eliminar los residuos del extracto, se realizaron lavados con agua destilada y etanol, y los sedimentos se secaron a 50 °C durante 24 horas antes de su caracterización. La formación de las nanopartículas se confirmó mediante dispersión de luz dinámica (DLS). Asimismo, se aplicaron técnicas de caracterización, como la difracción de rayos X (DRX) y la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Los análisis de caracterización confirmaron la formación de las nanopartículas y permitieron observar sus propiedades estructurales y químicas, así como la eficiencia del proceso de síntesis. El extracto acuoso de *Rosmarinus officinalis* resultó ser un agente eficaz para la síntesis verde de nanopartículas de plata, ofreciendo un método sencillo, económico y ambientalmente amigable. Las AgNPs obtenidas

María Guadalupe González García¹, Elda Patricia Segura Ceniceros¹, Roberto Arredondo Valdés¹, Alejandra Isabel Vargas Segura²

¹ Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas. José Cárdenas Valdez, República Norte, 25280 Saltillo, Coahuila, México.

² Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Odontología. Av. Cuquita Cepeda De Dávila, Adolfo López Mateo, 25125 Saltillo, Coahuila, México.

Correspondencia:
Alejandra Isabel Vargas Segura, Correo: alejandravargas@uadec.edu.mx, ORCID: 0000-0001-5526-0860



mostraron características adecuadas para su potencial aplicación en el área biomédica y nanobiotecnológica.

Palabras clave: síntesis verde; romero; nanopartículas de plata; caracterización

ABSTRACT

Nanoparticles are nanometer-scale materials that exhibit physical and chemical properties different from those of their conventional forms, enabling their application in medicine, food, and cosmetics. Among them, silver nanoparticles (AgNPs) stand out for their well-known antimicrobial activity. Green synthesis, which employs plant extracts as reducing agents, represents a sustainable alternative. In this context, rosemary (*Rosmarinus officinalis*) is notable for its metabolites with antioxidant and antimicrobial activity, which are useful for the synthesis of AgNPs. In this study, an aqueous extract of *Rosmarinus officinalis* was used to synthesize silver nanoparticles, with the aim of exploring their potential for biomedical applications. A 1 mM silver nitrate stock solution was prepared by dissolving 0.034 g in 200 mL of distilled water. A 1:1 ratio was used between the *Rosmarinus officinalis* extract and the AgNO_3 solution. The mixture was maintained at 65 °C under stirring for one hour. Subsequently, it was centrifuged to remove extract residues, washed with distilled water and ethanol, and the sediments were dried at 50 °C for 24 hours before characterization. The formation of nanoparticles was confirmed by Dynamic light scattering (DLS). Additionally, characterization techniques such as X-ray diffraction (XRD) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) were applied. The characterization analyses confirmed the formation of the nanoparticles and allowed observation of their structural and chemical properties, as well as the efficiency of the synthesis process. The aqueous extract of *Rosmarinus officinalis* proved to be an effective agent in the green synthesis of silver nanoparticles, offering a simple, economical, and environmentally friendly method. The obtained AgNPs exhibited suitable characteristics for potential application in the biomedical and nanobiotecnological fields.

Keywords: green synthesis; rosemary; silver nanoparticles; characterization



INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas son estructuras pequeñas con un tamaño generalmente entre 1 y 100 nanómetros (Gómez Garzón, 2018). Debido a su escala nanométrica, presentan propiedades físicas, químicas y biológicas únicas que no poseen las partículas de mayor tamaño, como una alta reactividad, gran área superficial, capacidad para transportar diversas sustancias y facilidad para penetrar barreras anatómicas, además de una destacada biocompatibilidad (Barrantes Murillo y Ortega Oviedo, 2020). Gracias a estas características, las nanopartículas tienen múltiples aplicaciones en campos como la medicina, la ingeniería, la agricultura y la electrónica, siendo el área médica una de las más importantes debido a su potencial terapéutico (Medina y col., 2015).

El uso de nanopartículas en el área médica se conoce como nanomedicina, y se centra en aprovechar sus propiedades para diagnosticar, prevenir o tratar diversas enfermedades. Una de sus principales ventajas es la capacidad de atravesar tejidos y desplazarse por el organismo mediante el torrente sanguíneo, lo que permite una administración más eficiente y dirigida de los tratamientos (Britto Hurtado y col., 2022). Las nanopartículas diseñadas para fines terapéuticos pueden incorporar un fármaco en su estructura, facilitando su transporte y liberación controlada, reduciendo la toxicidad y permitiendo su uso por distintas vías de administración, como la nasal, oral o parenteral (Alvizo Báez, 2016).

En cuanto a su obtención, las nanopartículas pueden sintetizarse mediante métodos físicos, químicos o biológicos. En los últimos años, la síntesis verde ha cobrado gran relevancia, ya que promueve la reducción del uso de sustancias peligrosas y la disminución del impacto ambiental. Este enfoque emplea plantas, microorganismos o algas como agentes reductores y estabilizantes, siendo las plantas las más utilizadas por su rapidez, accesibilidad y eficiencia. Los compuestos bioactivos presentes en los extractos vegetales, como polifenoles, flavonoides, terpenos y alcaloides, son responsables de reducir las sales metálicas y de estabilizar las nanopartículas formadas, asegurando una

distribución uniforme del tamaño y la forma (Álvarez-Chimal y col., 2024).

La familia Lamiaceae, a la cual pertenece el *Rosmarinus officinalis* (romero), está conformada por una amplia variedad de especies con alto contenido de metabolitos secundarios y aceites esenciales (Acero-Godoy y col., 2025). El romero es una planta persistente de hojas verdes y fragantes, ampliamente conocida por sus propiedades tanto culinarias como terapéuticas (Sotelo-Leyva y col., 2022). En la industria alimentaria se utiliza como condimento y conservador natural, mientras que en los sectores cosmético y farmacéutico se emplea en perfumes, cremas, champús y lociones por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Flores-Villa y col., 2020). Esta planta contiene una amplia variedad de compuestos bioactivos, entre los que destacan el ácido carnósico, el carnosol y el ácido rosmarínico, así como aceites esenciales como el 1,8-cineol, α -pineno y β -pineno (Andrade y col., 2018), los cuales contribuyen a su capacidad antioxidante y a su potencial como agente reductor en la formación de nanopartículas de plata.

Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo sintetizar nanopartículas de plata mediante un método de síntesis verde utilizando extracto acuoso de *Rosmarinus officinalis* y caracterizarlas con el fin de evaluar su eficiencia de formación y su potencial de aplicación en el área biomédica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal empleado fue *Rosmarinus officinalis* (romero), adquirido seco en un mercado local de Saltillo, Coahuila, y sometido a secado adicional a 37 °C durante siete días. Posteriormente, se molió para facilitar la extracción.

El extracto acuoso se obtuvo mediante agitación de la planta con agua destilada caliente (50 °C) en una proporción 10:1 (v/w) durante 12 h a 200 rpm. La mezcla se filtró (papel Whatman No. 4) y se almacenó a 4 °C hasta su uso.



Para la síntesis verde de nanopartículas de plata (AgNPs), se disolvieron 0.034 g de AgNO_3 en 200 mL de agua destilada (1 mM). Se mezcló el extracto y la solución metálica en proporción 1:1 (v/v), manteniéndose a 65 °C bajo agitación por 1 h (Pardo y col., 2022). Posteriormente, se centrifugó, se lavó con agua y etanol y el precipitado se secó a 50 °C por 24 h.

La caracterización se realizó mediante espectroscopía UV-Vis, difracción de rayos X (DRX), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) y dispersión dinámica de luz (DLS), empleando los equipos Thermo Nicolet i550, Siemens–Bruker D5000 y Microtrac Nanotrac Wave II, respectivamente.

RESULTADOS

Preparación del extracto acuoso

El extracto acuoso de *Rosmarinus officinalis* presentó un color verde intenso, un rendimiento del 60% y una apariencia homogénea. Este comportamiento se asocia con la presencia de metabolitos como ácido rosmarínico, carnosol y carnosato, compuestos fenólicos y terpenoides parcialmente lipofílicos, cuya solubilidad limitada en agua influye en la eficiencia de extracción (Moreno y col., 2006; Nieto, y col., 2018).

Síntesis verde de AgNPs

La formación de las nanopartículas de plata (AgNPs) se evidenció por el cambio de color del extracto, que pasó de un tono verde claro a uno marrón oscuro, característico de la reducción de iones Ag^+ a Ag^0 . El cambio cromático fue visible en los primeros minutos y se intensificó con el tiempo transcurrido desde la reacción.

El rendimiento promedio obtenido para las AgNPs sintetizadas con extracto de romero fue de 148.33 ± 49.33 mg, lo que refleja cierta variabilidad entre las réplicas. Esta variación puede atribuirse a diferencias en la concentración y la disponibilidad de compuestos reductores presentes en el extracto vegetal.

Tabla 1. Rendimiento promedio (\pm desviación estándar) de nanopartículas de plata.

Muestra	Promedio, mg	Desviación Estándar
NPs Ag Romero	148.33	49.33

Difracción de Rayos X (DRX)

En la Figura 1 se muestra el patrón de difracción de rayos X correspondiente a las nanopartículas de plata obtenidas a partir del extracto de *Rosmarinus officinalis*.

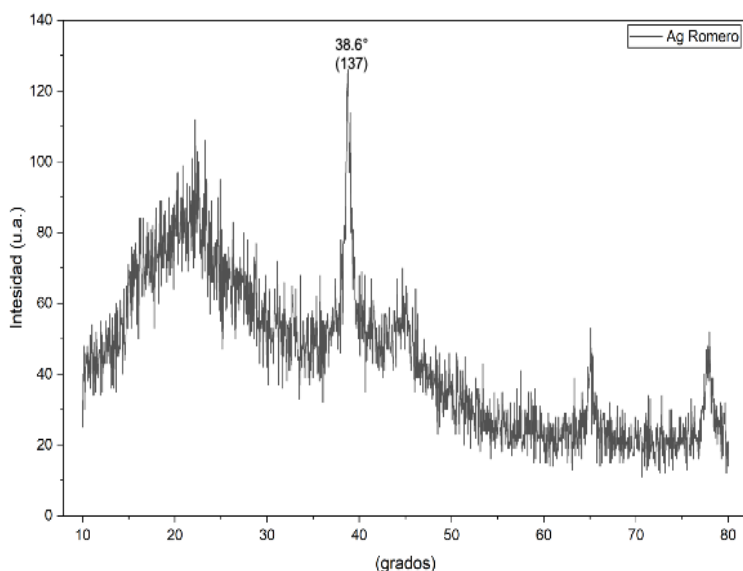


Figura 1. Difractograma de las nanopartículas de Ag sintetizadas con extracto de romero.

El difractograma evidencia un pico intenso a 38.6°, correspondiente al plano (111) de la fase cúbica de la plata metálica, en concordancia con los valores de la carta cristalográfica JCPDS 65-2871 (planos (111), (200), (220) y (311) a 38.2°, 44.4°, 64.7° y 77.7°, respectivamente)

(Jiménez Mejía y col., 2023). Estos resultados confirman la formación de AgNPs cristalinas mediante el proceso de síntesis verde.

Espectroscopía Infrarroja (FT-IR)

El espectro FT-IR (Figura 2) de las AgNPs sintetizadas con extracto de romero mostró bandas características en 3300 cm^{-1} (vibraciones O–H de alcoholes y fenoles), 2950 cm^{-1} (C–H de enlaces alifáticos), 1583 cm^{-1} (C=C aromático), 1022 cm^{-1} (C–O de alcoholes o éteres) y una banda a 547 cm^{-1} , atribuida a la interacción entre los metabolitos del extracto y las nanopartículas metálicas. Estas señales confirman la participación de compuestos fenólicos y terpenoides en la reducción y estabilización de las AgNPs.

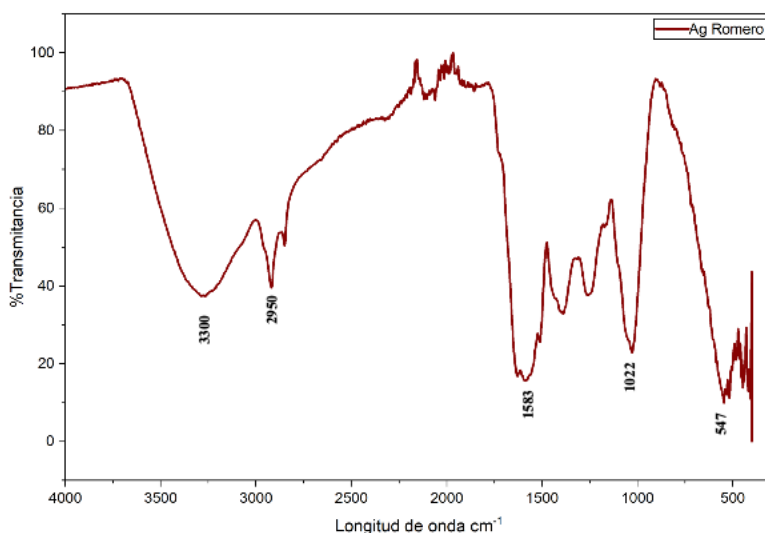


Figura 2. FT-IR de nanopartículas de Ag obtenidas con extracto de Romero.

Dispersión Dinámica de Luz (DLS)

El análisis por DLS (Figura 3) mostró que las AgNPs obtenidas con extracto de romero presentaron una distribución de tamaños homogénea, con un diámetro medio numérico (MN) de 181 nm y un índice de polidispersidad (PDI) de 0.0529, lo que indica buena estabilidad coloidal y baja tendencia a la aglomeración.

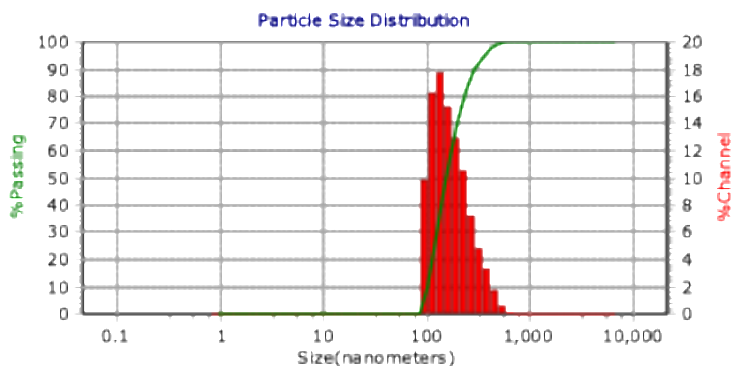


Figura 3.
Resultados de DLS de nanopartículas de plata obtenidas con extracto de Romero.

DISCUSIÓN

La síntesis verde de nanopartículas de plata mediante el extracto de *Rosmarinus officinalis* demostró ser un método eficiente y ambientalmente amigable. La variabilidad observada en el rendimiento puede relacionarse con las diferencias en la composición fitoquímica del extracto, ya que metabolitos como fenoles, flavonoides y terpenos actúan simultáneamente como agentes reductores y estabilizantes (Asif y col., 2022; Eker y col., 2025; Singh y col., 2020).

El pico característico en 38.6° obtenido en DRX confirma la formación de AgNPs cristalinas con estructura cúbica centrada en las caras, concordante con la literatura. Por su parte, el espectro FT-IR reveló la participación de grupos funcionales derivados de los metabolitos del extracto, que favorecen la reducción de Ag^+ y estabilizan las nanopartículas, evitando su aglomeración.

Los resultados de DLS corroboran la formación de nanopartículas con buena estabilidad coloidal y un tamaño promedio nanométrico. Un PDI inferior a 0.1 sugiere una distribución monodispersa, lo que refuerza la eficacia del extracto de romero como agente reductor y estabilizante.

CONCLUSIONES

El extracto acuoso de *Rosmarinus officinalis* demostró ser un agente eficaz en la síntesis verde de nanopartículas de plata, lo que permitió la obtención de partículas estables, homogéneas y con la estructura cristalina característica de la plata metálica. El proceso desarrollado constituye una alternativa sustentable,

económica y reproducible, con potencial de aplicación en áreas biomédicas y nanobiotecnológicas, especialmente por las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del romero y de las AgNPs obtenidas.

REFERENCIAS

- Acero-Godoy, J., Guzmán-Hernández, T. de J., Delgado-Ávila, W. A., Alcántara-Cortés, J. S., Soto-Suárez, M., & Gil-Archila, E. (2025). Efecto antimicrobiano de tres aceites esenciales de la familia Lamiaceae para el control *Ralstonia solanacearum*. *Revista Tecnología En Marcha*, 2025: 7511. <https://doi.org/10.18845/tm.v38i3.7511>
- Álvarez-Chimal, R., Arenas-Alatorre, J. Á., Marichi-Rodríguez, F., Correa-Prado, R., & Álvarez-Pérez, M. A. (2024). La química verde en la síntesis de nanopartículas y sus propiedades antibacterianas. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología*, 18(34): 1e–20e. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2025.34.69826>
- Alvizo Báez, C. A. (2016). *Expresión de trail para inducir apoptosis en cáncer pulmonar usando un sistema basado en nanopartículas magnéticas y quitosán*. Nuevo León.
- Asif, M., Yasmin, R., Asif, R., Ambreen, A., Mustafa, M., & Umbreen, S. (2022). Síntesis verde de nanopartículas de plata (AgNPs), caracterización estructural y su potencial antibacteriano. *Dose-Response*, 20(1): 709. <https://doi.org/10.1177/15593258221088709>
- Barrantes Murillo, C., & Ortega Oviedo, G. (2020). Nanopartículas y antibióticos: respuesta a la resistencia global bacteriana. *Revista Ciencia & Salud: Integrando Conocimientos*, 2020: 34–43.
- Britto Hurtado, R., Cortez-Valadez, M., & Flores- Acosta, M. (2022). Aplicaciones tecnológicas de las nanopartículas en la medicina e industria. *Epistemos*, 16(33): 223. <https://doi.org/10.36790/epistemos.v16i33.223>
- Eker, F., Akdaşçi, E., Duman, H., Bechelany, M., & Karav, S. (2025). Síntesis verde de nanopartículas de plata utilizando extractos de plantas: una revisión exhaustiva de las propiedades fisicoquímicas y las aplicaciones multifuncionales. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025: 26136222. <https://doi.org/10.3390/ijms26136222>



- Flores-Villa, E., Sáenz-Galindo, A., Castañeda-Facio, A. O., & Narro-Céspedes, R. I. (2020). Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): su origen, importancia y generalidades de sus metabolitos secundarios. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 23: e.2020.0.266. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.266>
- Gómez Garzón, M. (2018). Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. *Repertorio de Medicina y Cirugía*, 27(2): 75–80. <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v27>
- Medina, M. E., Galván, L. E., & Reyes, R. E. (2015). Las nanopartículas y el medio ambiente. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 19(74): 6.
- Moreno, S., Scheyer, T., Romano, C. S., & Vojnov, A. A. (2006). Las actividades antioxidantes y antimicrobianas de los extractos de romero están relacionadas con su composición de polifenoles. *Free Radical Research*, 40(2): 223–231. <https://doi.org/10.1080/10715760500473834>
- Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (2018). Propiedades antioxidantes y antimicrobianas del romero (*Rosmarinus officinalis*, L.): una revisión. *Medicines*, 5(3): 98. <https://doi.org/10.3390/medicines5030098>
- Pardo, L., Arias, J., & Molleda, P. (2022). Elaboración de Nanopartículas de Plata sintetizadas a partir de extracto de hojas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y su uso como conservante. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 35(1): 45–58. <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.04>
- Singh, A., Gautam, P. K., Verma, A., Singh, V., Shivapriya, P. M., Shivalkar, S., Sahoo, A. K., & Samanta, S. K. (2020). Síntesis verde de nanopartículas metálicas como alternativas eficaces para el tratamiento de infecciones bacterianas resistentes a los antibióticos: una revisión. *Biotechnology Reports*, 25: e00427. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00427>
- Sotelo-Leyva, C., Tagle-Emigdio, L. J., Aniceto-Teofilo, C., Galeana-Hernández, J., Condori-Cordero, S., Flores-Blanco, G., & Salinas-Sánchez, D. O. (2022). Estudio etnofarmacológico y fitoquímico de las plantas medicinales de mayor uso en Julián Blanco, Guerrero, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1): 81012. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081012>