

Síntesis de Nanopartículas Metálicas por Rutas Verdes

Synthesis of Metallic Nanoparticles by Green Routes

Vera, G. P.,^{1*} Farías, C. L.,¹ y Castañeda, F. A.¹

¹Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología de Materiales, Departamento de Materiales Cerámicos. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Venustiano Carranza, 25,000. Saltillo, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia: paolaveragarcia@uadec.edu.mx Tel: (844)415 57 52

Resumen

Las nanopartículas (NPs) representan hoy en día un atractivo campo de investigación gracias a sus diversas aplicaciones dentro de las diferentes áreas como en la biomedicina, materiales cerámicos y de los polímeros. Actualmente se ha buscado implementar rutas de síntesis por métodos verdes, donde su propósito es sustituir el uso de solventes químicos por un medio ecológico a partir de extractos naturales de plantas. Por lo que en el presente estudio se muestra como han sido utilizadas las rutas de síntesis por métodos verdes a partir los extractos naturales como el romero, hoja de *Aeglemarmelos*, el hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), raíz de *Morindacitrifolia*, *Polyalthia*, entre otros, para la síntesis de nanopartículas metálicas, destacando sus procedimientos sencillos, eficaces y sustentables.

Palabras clave: *Extractos, nanopartículas, química verde, síntesis*

Abstract

Nanoparticles have today represented an attractive field of research thanks to their diverse applications in the different fields such as biomedicine, ceramic and polymer materials. Currently, it has been tried to implement synthetic routes by green methods, where its purpose is to replace the use of chemical solvents by an ecological means from natural extracts of plants. Therefore, the present study shows how synthetic routes have been used by natural methods from natural extracts such as rosemary, *Aeglemarmelos*, hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), *Morindacitrifolia* root, *Polyalthia*, etc., for the synthesis of metallic nanoparticles, highlighting their simple, effective and sustainable procedures.

Keywords: *Extracts, green chemistry, nanoparticles, synthesis*

INTRODUCCIÓN

La química convencional ha contribuido en gran medida para el desarrollo de la vida actual del hombre y su entorno. Alguna de las aportaciones ha sido en el área de medicina y la industria. Este desarrollo ha traído consigo aspectos desfavorables que han afectado directa o indirectamente al planeta. Ya que en la actualidad el gran número de problemas por la química son muchos, unos de los principales problemas son en producción de energía, transportes, industria metalúrgica, industria

automotriz que nos afecta a todos. Hoy en día tenemos grandes avances en la ciencia, y uno de los temas de interés es la Química verde. Las nuevas tecnologías brindan varias ventajas ambientales, dan aportaciones a economizar ciertos parámetros en procesos químicos (tiempo, método, contaminación, etc.) con el fin de eliminar o reducir todos estos. (Castro y col., 2011; Mammino y col., 2015; Miranda y col., 2012).

Para ello se desarrolló la tecnología a pequeña escala llamada:

nanotecnología, que ayuda a ciertas aplicaciones en diversas ramas de la ciencia, se puede definir como la manipulación y control de la materia a nanoescala con enfoque en ingeniería, química y biológica. Las nanopartículas son químicamente más

reactivas, ampliamente utilizadas como materiales usados en sensores de dispositivos electrónicos, y sus métodos de obtención pueden ser de manera química, física o de manera natural para metales nobles. (Dong y col., 2016).

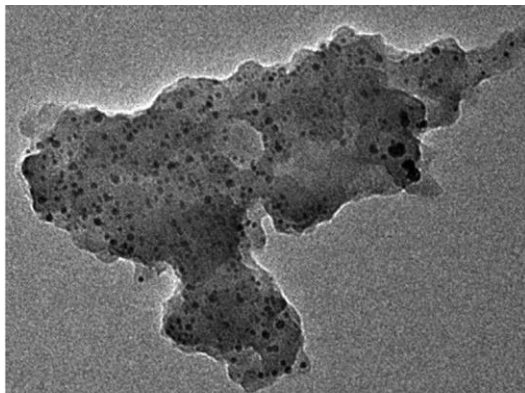


Figura 1. Imagen TEM de nanopartículas de paladio (Pd) biosintetizadas. (Sharmilay col., 2017).

En el presente artículo, se da a conocer la revisión bibliográfica de las rutas más viables para la síntesis de nanopartículas (NPs)

metálicas mediante métodos naturales.

ANTECEDENTES

La Química verde se define principalmente como el desarrollo e innovación de procesos químicos que ayudan a eliminar y/o reducir compuestos tóxicos, cantidad de energía, costos, catalizadores y residuos químicos donde el destino como agua, aire, suelo, esté protegido para favorecer el medio ambiente. Su función principal es dar herramientas que implementen tecnologías económicas, simples y que verifique que las técnicas sean sustentables para proteger el entorno (Manahan 2007; Campo 2009). La nueva ciencia a la que le llamamos nanotecnología está brindando muchas ventajas ya que en la obtención de los nanomateriales se encuentran propiedades que en un material convencional no se presentan. El desarrollo de nanocompuestos que va desde (1-100 nm) en tamaño, utilizando nanopartículas metálicas, las cuales presentan características ópticas, magnéticas, eléctricas, físicas y químicas. Son químicamente más reactivas, ampliamente utilizadas como materiales usados en sensores de dispositivos electrónicos. Algunos de los metales nobles son el oro (Au), plata (Ag), paladio (Pd) y platino (Pt), presenta un gran número de aplicaciones dentro de ellas como la medicina, electrónica, polímeros y cerámicos (Molins 2008; Taruna y col., 2016). Existen diferentes tipos de síntesis para poder obtener las nanopartículas metálicas una es la síntesis por métodos químicos utilizando una reacción de redox (agente reductor), por sol-gel, microondas, método electroquímico, reducción fotoquímica e irradiación ultravioleta (UV). Por otro lado tenemos la síntesis

mediante fuentes naturales o biosíntesis sustituyendo agentes químicos por extractos naturales o microorganismos, que son de gran utilidad por su facilidad, eficacia, no toxicidad y reducción de iones metálicos, estrategia más segura, ecológica y eco-amigable para la biosíntesis de nanopartículas (Fafal y col., 2017; Rangel y col., 2017).



Figura 2. Clasificación de diferentes métodos de síntesis nanopartículas (Shamailay col., 2016).

Existen dos rutas para obtención de NPs “arriba hacia abajo” donde se producen por reducción de tamaño (físico y químico) a partir de un material y “abajo hacia arriba” (biológicos) se forman uniendo átomos, moléculas y partículas pequeñas. Algunos de los extractos que se utilizan para la síntesis de nanopartículas son extractos de: hoja de *Polyalthia*, donde se obtuvieron nanopartículas de aprox. 58 nm, geranio (*Pelargonium graveolens*), donde se formaron las nanopartículas rápidamente, se obtuvieron tamaños de 16-40 nm, hoja de *Piperlongum* donde se obtuvieron con morfología cuasi esférica, extracto de *Syzygium cumini* (jambul) con propiedades antioxidantes, extracto de *Ocimum sanctum* con tamaño de entre 4-30 nm, entre otras. (Mittal y col., 2013).

A comparación con las bacterias y las algas, las plantas presentan menor toxicidad ofreciendo así un sustituto verde de la biosíntesis de nanopartículas. Los polifenoles que se encuentran en las plantas son reconocidos como los grupos más grandes de antioxidantes naturales con uso potencial en drogas y aditivos alimentarios. La presencia de los polifenoles en las hojas de las plantas incrementa la estabilidad y el rango de aplicación de las nanopartículas. (Rasheedy col., 2017; Sitharay col., 2017).

La síntesis y estabilización *in situ* de nanopartículas de plata es un procedimiento eficaz para ello (Raoy col. 2013), trabajaron usando el extracto de hoja de *Aeglemarmelos*, esta planta tiene beneficios medicinales en los que se encuentra alcaloides, terpenoides que ayuda a las infecciones bacterianas y fúngicas. Se enfocaron en la cinética de la formación de partículas y en identificar los compuestos que ayudan a reducir las sales metálicas, como mecanismo *in situ*. Obtuvieron nanopartículas

de morfología esférica y con tamaño de 60 nm, este resultado se debió a la proporción de AgNO_3 y extracto de hoja. Para la cinética en la formación de NPs mostró que la reacción de reducción de sal metálica fue en 25 minutos, notando que el procedimiento fue verde por su facilidad, por ser rápido y amigable con el entorno.

Por otra parte estudiaron las nanopartículas de plata usando un procedimiento verde ya que no utilizaron ningún tipo de acelerador en la reacción y ni reactivos tóxicos, haciéndolo amigable para el medio ambiente. Para ello trabajaron con el hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) que se considera como un reactivo noble. Así mismo mencionan en la literatura que existen varios reactivos para la producción de las NPs de plata como la carboximetilcelulosa (CMC), la hidroxipropilcelulosa (HPC) y la celulosa microcristalina (MCC). Posteriormente para la síntesis emplearon el HPMC, glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) y como precursor nitrato de plata (AgNO_3), a través de una reducción ión plata (Ag^+) a una etapa. Finalmente obtuvieron buenos resultados empleando este método, pues fue la primera vez que se trabajó con el reactivo. Las nanopartículas tuvieron un tamaño de 3-17 nm y su dispersión fue buena proyectando aplicación futura biomédica. (Dong y col, 2014).

Para sintetizar nanopartículas de oro (Au) se puede utilizar extracto de raíz de *Morinda citrifolia*. Esta planta contiene aplicaciones en el campo de la medicina y trata enfermedades como diabetes, problema de garganta, heridas, enfermedades respiratorias y cólicos menstruales. Las muestras de raíz se recolectaron de la Universidad de Periyar, en India. Como parte de la metodología que se empleó para la síntesis de las NPs de oro fue el extracto ya pulverizado mezclado con una solución

acuosa 1M de ácido cloroaúrico (HAuCl) o llamado también ácido cloruro de oro para su reducción, usando temperatura ambiente. Al término del estudio se mostraron resultados buenos donde se obtuvo un tamaño de nanopartículas de 12, 17, 26 y 38 nm, mostrando un alto potencial de uso en aplicación de tratamiento antidiabético y anticancerígeno. Dando como resultado un procedimiento eficiente, económico y no tóxico. (Suman y col. 2014)

El extracto de romero (*Rosmarinus officinalis*), es útil para la síntesis verde de nanopartículas de plata (Ag). El área superficial está relacionada con actividades microbianas y catalíticas de las nanopartículas, para la técnica utilizaron el extracto acuoso del romero y el agente de oxonitrato de plata (AgNO) para su formación, estimando un tiempo de reacción de 30 minutos. Dando como resultado a esté procedimiento un color amarillo confirmando la formación de las nanopartículas y una aplicación de agente microbiano eficaz mediante esta técnica, ayudando así mismo al entorno con su ruta ecológica, sin productos químicos ni algún esfuerzo de presión y temperatura. (Ghaedi y col. 2015).

Posteriormente el extracto de corteza de *picrasma quassioides* es utilizado para la síntesis de nanopartículas de plata (Ag) agregando el óxido de grafeno (GO). Las ramas de esta planta son usadas como medicina popular para prevenir y ayudar en enfermedades como cáncer, hipertensión, entre otras, mientras que el grafeno tiene aplicaciones en el área de biología y catálisis. Al agregarse con nanopartículas este compuesto presenta una alta conductividad eléctrica y área superficial, existen diferentes métodos como irradiación ultrasónica, en microondas, montaje electrostático pero no son de gran ayuda para el medio ambiente. Como metodología para la síntesis de las nanopartículas de plata, se utilizó el extracto acuoso de la corteza de la planta y como agente reductor nitrato de plata (AgNO₃). Después para la síntesis de GO (óxido de grafeno) se realizó por medio de la técnica de Hummer y finalmente para la síntesis del nanocompuesto de nanopartículas de plata con óxido de grafeno (GO-AgNPs), se usó polvo de GO se agregó agua desionizada y nitrato de plata (AgNO₃), finalmente se mezclaron con el extracto de corteza de *picrasma* en un tiempo de reacción de 45 minutos a temperatura ambiente. Como resultados se obtuvieron un tamaño de NPs entre 10-49.5 nm, dando así una actividad muy eficaz para la degradación del colorante en 15 minutos y mostrando a la ruta verde con ventajas económicas, ecológicas y rápidas en cuestión de tiempo. (Sreekantha y col. 2016).

Existen técnicas de caracterización que ayuda a comprobar los diferentes experimentos y/o pruebas llevadas a cabo. Dentro del tema de las nanopartículas unas de las más utilizadas son los equipos de espectroscopía UV-vis que ayuda ver la presencia de las NPs a una determinada longitud de onda característica, debido a que cada material presenta una absorbancia en una región determinada. El microscopio electrónico de barrido (SEM) muestra la morfología de la nanopartícula y tamaño de la muestra. También se encuentra la difracción de rayos X (DRX) proporcionando información sobre las fases cristalinas y tamaño presentes en el material. Finalmente espectroscopía infrarroja (FT-IR), brindándonos las bandas características de los grupos funcionales en la superficie de las nanopartículas. (Arsiyya y col. 2017).

CONCLUSIÓN

En esta revisión bibliográfica se presenta el amplio campo de la obtención de nanopartículas mediante rutas verdes, específicamente se habló de los extractos de plantas naturales como fuentes reductoras de sales metálicas, los cuales han sido de gran interés al demostrar ser eficientes para la reducción como (AgNO₃), (AgNO) y (HAuCl). Los resultados demostraron que la hoja de *Aeglemarmelos* muestra tiempo de reacción de 25 minutos obteniendo nanopartículas esféricas de tamaño aprox. de 60 nm, la hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) presenta tamaño de partícula entre 3-17 nm, el romero muestra tiempo de reacción de 30 minutos para la obtención de nanopartículas y con el *picrasma quassioides* nanopartículas entre 10-49.5 nm con tiempo de reacción de 45 minutos, todas ellas exhiben propiedades de un material convencional. Considerando la obtención de las nanopartículas metálicas mediante métodos de extractos naturales es un método sustentable para la comunidad científica, así como su aplicación en diversas áreas de la ciencia de los materiales.

REFERENCIAS

- Arsiyya F, Sayadia M y Sobhanib S. 2017. Green synthesis of palladium nanoparticles using *Chlorella vulgaris*. *Mater. Lett*186:113–115.
- Campo H. 2009. Síntesis orgánica asistida por microondas. Obtención de enolcarbamatos, tetrahidroisoquinolinas, benzoazepinas, tiazolinas, sulfuros de fosfoles, isoflavonas, arilcumarinas, cumarinocumarinas y núcleos de dendrímeros. Aplicaciones. España, Universidad de Santiago de Compostela. p. 1-4.
- Castro N y Verbel J. 2011. Química Verde: Un Nuevo Reto. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. 21:169-186.
- Dong Ch, Zhang X y Cai H. 2014. Green synthesis of monodisperse silver nanoparticles using hydroxy propyl methyl cellulose. *J. Alloys Compd*583:267–271.
- Dong Ch, Zhang X, Cai H, y Cao Ch. 2016. Green synthesis of biocompatible silver nanoparticles mediated by *Osmanthus fragrans* extract in aqueous solution. *Optik* 127:10378-10388.
- Fafal T, Tastan P, Tuzun B, Ozyazici M y Kivcak B. 2017. Synthesis, characterization and studies on antioxidant activity of silver nanoparticles using *Asphodelusaestivus* Brot. aerial part extract. *S. Afr. J. Bot*112:346–353.
- Ghaedi M, Yousefinejad M, Safarpour M, Khafri Z y Purkait M. 2015. *Rosmarinus officinalis* leaf extract mediated green synthesis of silver nanoparticles and investigation of its antimicrobial properties. *J. Ind. Eng. Chem*31:167–172.
- Mammino L. 2015. A great challenge of green chemistry education: the interface between provision of information and behaviour patterns. *The Royal Society of Chemistry Chapter* 1:1-15.
- Manahan S. 2007. Introducción a la química ambiental. España, Reverté. p. 1-11.
- Miranda M., Ramírez M, León C, Santos S, Morales M,

- Torralba M y Castillo D. 2012. Procesos orgánicos de bajo impacto ambiental. Química verde. Madrid, UNED. p. 15-19.
- Mittal A, Chisti Y y Banerjee U. 2013. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnol. Adv*31:346-356.
- Molins R. 2008. Oportunidades y Amenazas de la Nanotecnología Para la Salud, los Alimentos, la agricultura y el medio ambiente. México, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. p. 45-47.
- Rangel R, Muñoz M, Rodríguez M, Lazcano T y Solans C. 2017. Green synthesis of silver nanoparticles in oil-in-water microemulsion and nano-emulsion using geranium leaf aqueous extract as a reducing agent. *Colloids Surf. A* <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.07.051>.
- Rao K y Paria S. 2013. Green synthesis of silver nanoparticles from aqueous Aegle marmelos leaf extract. *Mater. Res. Bull*48:628-634.
- Rasheed T, Bilal M, Iqbal H y L Ch. 2017. Green biosynthesis of silver nanoparticles using leaves extract of *Artemisia vulgaris* and their potential biomedical applications. *Colloids Surf. B* 158:408-415.
- Shamaila S, Sajjad A, Rayma N, Farooqi S, Jabeen N, Majeed S y Farooq I. 2016. Advancements in nanoparticle fabrication by hazard free eco-friendly green routes. *Appl. Mater. Today* 5:150-199.
- Sharmila G, Fathima M, Haries S, Geetha S, Kumar N y Muthukumar C. 2017. Green synthesis, characterization and antibacterial efficacy of palladium nanoparticles synthesized using *Filicium decipiens* leaf extract. *J. Mol. Struct*1138:35-40.
- Sithara R, selvakumar P, Arun C, Anandan S y Sivashanmugam P. 2017. Economical synthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Acalypha hispida* and its application in the detection of Mn(II) ions. *J. Adv. Res*8:561-568.
- Sreekantha T, Jungb M y Eomb I. 2016. Green synthesis of silver nanoparticles, decorated on graphene oxide nanosheets and their catalytic activity. *Appl. Surf. Sci*361:102-106.
- Suman T, Rajasree S, Ramkumar R, Rajthilak C y Perumal P. 2014. The Green synthesis of gold nanoparticles using an aqueous root extract of *Morinda citrifolia* L. *Spectrochim. Acta, Part A* 118:11-16.
- Taruna, Kaushal J, Bhatti J y Kumar P. 2016. Green synthesis and physico-chemical study of silver nanoparticles extracted from a natural source *Luffa acutangula*. *J. Mol. Liq*224:991-998

