



# PRODUCCIÓN ECONÓMICA DE NANO PARTÍCULAS DE ORO

**Laura Carmona Saldarriaga, Édgar Alexander Ossa Henao**

**Universidad Eafit  
Medellín, Colombia**

## **Resumen**

Materiales nanométricos han recibido especial atención en los últimos años debido a sus características únicas, como su gran área superficial, respecto a sus homólogos macroscópicos. Las nanopartículas de oro han sido definidas como estructuras esféricas con dimensiones menores a los 100 nm, las cuales han demostrado tener gran aplicabilidad en las áreas médica y energética debido a su baja toxicidad y alta actividad catalítica en diversas reacciones, como en la producción de hidrogeno a partir de moléculas de agua. Estas pueden ser fabricadas a través de diversos métodos, como síntesis química o incluso ablación laser.

En este trabajo se buscó la producción de nanopartículas de oro, con una reducción considerable en la complejidad técnica del proceso, encontrando una reducción importante en costos. En el proceso desarrollado se utilizó un láser común de luz azul con una longitud de onda de 450 nm, en un proceso de ablación en medio líquido de láminas de oro de 500 nm de espesor se produjeron nanopartículas de oro con tamaños menores a 100 nm. Estas partículas podrían ser utilizadas como catalizador para la producción de hidrogeno a partir de foto-electrólisis de agua.

**Palabras clave:** Nano partículas; oro; catálisis; laser; ablación

## **Abstract**

*Nano materials have received special attention due to their unique properties such as high specific surface area. Gold nanoparticles have been defined as spheric structures with dimensions less than 100 nm, which have demonstrated to have a huge applicability in medical and energy area due to their low toxicity and high catalytic activity in reactions as hydrogen production from water*

*electrolysis. They can be fabricated via chemical synthesis or physical methods as laser ablation. In this work we were able to produce gold nanoparticles in a simple and cheap way by using a common blue light laser with a lambda of 450 nm in an ablation laser process in liquid medium from a thin gold layer of 500 nm, with 20 minutes of process. Gold nanoparticles with 100 nm of diameter were obtained, which could be applied in medical applications and as catalyzer for hydrogen production from water photoelectrolysis.*

**Keywords:** nanoparticles; gold; catalysis;l aser; ablation

## 1. Introducción

La nanotecnología ha tenido gran impacto en las últimas décadas debido a que los materiales a esta escala presentan propiedades únicas. Diversos materiales han sido sintetizados o estructurados para alcanzar esta escala y aprovechar de forma favorable las propiedades que exhiben (Fang et al., 2020; Wilts et al., 2019).

Dentro de los nanomateriales encontramos las nanopartículas, que son estructuras tridimensionales esféricas con sus dimensiones menores a 100 nm (Simakin et al., 2007). Estas han sido generadas y estudiadas con diversos objetivos, como el de aumentar el área superficial, servir de medio para dispersión de medicamentos, conferir ciertas propiedades especiales como de difracción a pinturas, agricultura de precisión, entre otros; objetivo que delimitara el material del cual se obtengan las nanopartículas. En especial, nanopartículas de oro han sido fabricadas con el objetivo de administrar medicamentos debido a su baja toxicidad (Yang et al., 2013), pero han sido también ampliamente estudiadas por las condiciones ópticas que producen a dicha escala. A su vez, su gran área superficial permite aumentar la probabilidad de choque entre moléculas y servir de sitios activos de conducción en procesos catalíticos, como la electrolisis del agua (Zhang et al., 2018)(Zhou et al., 2017).

La producción de nanopartículas de oro puede realizarse a través de diversos métodos, dentro de los cuales es común encontrar metodologías de síntesis a partir de precursores químicos, como métodos sol-gel, para los cuales las condiciones de producción están ligadas a la disponibilidad de los precursores y a buenas prácticas técnicas para la realización de la síntesis. Por otro lado, existen otras metodologías físicas como el uso de la ablación laser, mediante la cual es posible extraer material de la superficie de un sólido cuando es irradiado con la energía de un láser, generando evaporación del material que en un medio líquido es solidificado nuevamente a alta velocidad, para lo que se hace necesario partir del sustrato de oro en estado sólido y del uso de equipos robustos, de alta potencia que permitan generar la evaporación del material, lo cual exige contar con procesos de altos costos de producción asociados (Amendola et al., 2006a; Vinod et al., 2017).

Láseres usados en el proceso de ablación que satisfacen las condiciones mencionadas son generalmente láseres de neodimio de alta potencia, con longitudes de onda mayores a 1000 nm que garantizan la energía necesaria para el proceso de ablación. Sin embargo, a nivel comercial se encuentran disponibles otro tipo de láseres como los de luz azul (450 nm), los cuales son equipos



económicos y con menor potencia que los de neodimio, pero que bajo condiciones de luz pulsada y un espesor del sustrato favorable podrían permitir la fabricación de nanopartículas de oro a un menor costo (Desarkar et al., 2012; Jackson & Palmer, 1994; Jordan et al., 1995; Simakin et al., 2007).

El objetivo de este trabajo fue generar nano partículas de oro a través del proceso de ablación láser, usando un láser comercial de baja potencia, reduciendo considerablemente la complejidad técnica del proceso y los costos asociados.

## 2. Metodología

Con el objetivo de fabricar nanopartículas de oro usando el proceso de ablación laser, se utilizó un láser común de luz azul, con una potencia máxima de trabajo de 6 W, el cual fue reprogramado para generar luz pulsada de 1 pulso/segundo.

El montaje experimental se muestra en la figura 1. Y consistió en tomar una pieza de oro con 500 nm de espesor que fue depositada en un recipiente con 10 mililitros de medio (agua/ agua-surfactante) y un agitador magnético en la parte inferior para permitir el movimiento de la pieza, se fijo en la parte superior el láser a una distancia focal de 3 mm definida previamente y se comenzó a irradiar la pieza a tiempos definidos de 20, 40 y 60 minutos.



*Figura 1 Montaje experimental*

Posteriormente se evaporó una cantidad determinada del agua restante y se tomó una muestra para evaluar por medio de AFM la presencia y dimensiones de las nano partículas generadas en las condiciones anteriormente descritas.

Algunas placas fueron evaluadas por medio de SEM/EDS para corroborar la presencia de las nanopartículas en la muestra evaluada por AFM, para la cual debió realizarse un recubrimiento con grafito con el fin de garantizar la resolución en las imágenes tomadas.



### 3. Resultados y discusión

Generalmente las nano partículas de oro son producidas por métodos de síntesis química, pero los insumos necesarios para su síntesis son escasos, debido a lo cual se hace fundamental encontrar métodos alternativos como la ablación láser de materiales solidos que permitan ejecutarse de forma más sencilla. La ablación laser, usando láseres de alta potencia ha sido ampliamente usada con este objetivo (Amendola et al., 2006b, 2006a; Ismail et al., 2020; Simakin et al., 2007). Sin embargo, encontramos que la utilización de láseres comunes de luz azul brinda resultados satisfactorios como lo muestra la figura 2.

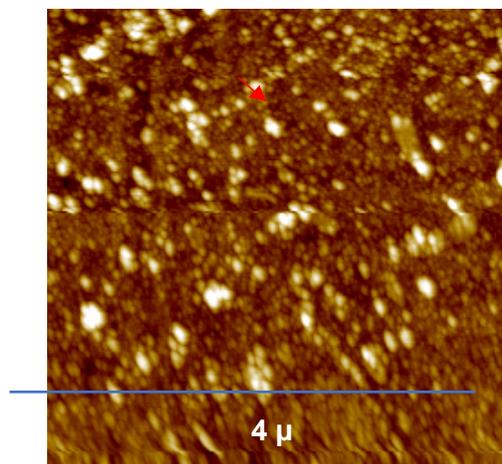


Figura 2 Nano partículas de oro obtenidas por ablación láser en agua por 20 minutos usando un láser común de luz azul

De la cual es posible observar que nanopartículas de oro fueron generadas por medio de ablación líquida con 20, 40, y 60 minutos de irradiación de luz pulsada con una longitud de onda de 450 nm.

El conteo de las partículas permitió determinar que se encontraron en el área en mención entre 500-1000 partículas, con tamaños entre 50-100 nm, obteniendo que a 20 minutos la densidad de partículas fue baja respecto a 60 minutos y los tamaños también un poco mayores cercanos a los 150 nm, comparado con el resultado encontrado a 60 minutos de 120 nm. En algunos trabajos como el de Simakin et al., 2007 encontraron utilizando láseres de alta potencia en un proceso ablativo, tamaños cercanos a los 50 nm y una densidad de partículas lo suficientemente grande como para observar cambios de color en la solución formada por el efecto plasmonico (Simakin et al., 2007). Por su parte Scaramuzza et al., 2016, usando un láser de alta potencia, encontraron la mayor cantidad de partículas de oro formadas durante el proceso ablativo con un diámetro aproximado de 100 nm (Scaramuzza et al., 2016), lo cual es similar al resultado encontrado en el trabajo actual.

A nivel macroscópico como se muestra en la figura 3. Es posible determinar que existe una fragmentación del material debida al proceso ablativo.



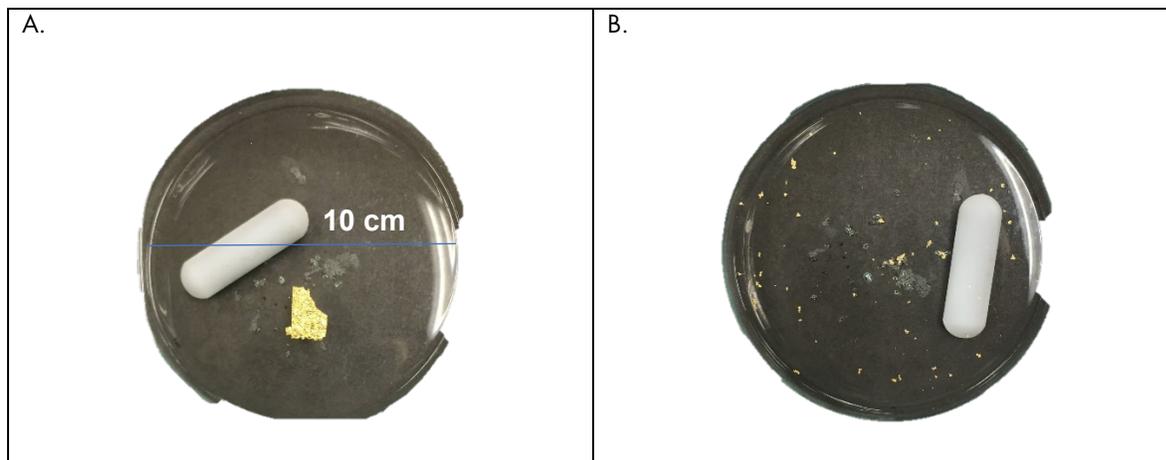


Figura 3. Porción de oro inicial (A), nano partículas generadas posterior al proceso ablativo 20 minutos en agua (B).

Ahora bien, al evaluar los diferentes tiempos y medios líquidos se encontró que el uso de lauril eter sulfonato de sodio no favoreció la dispersión de nano partículas de oro, debido a lo cual el proceso fue más efectivo con el uso de agua como solvente.

En el ensayo EDS realizado en SEM (figura 4.) fue posible determinar que para todas las muestras el elemento presente correspondía a oro en más del 80% y otros materiales menores como calcio, cloro, sodio, propios del agua y el surfactante.

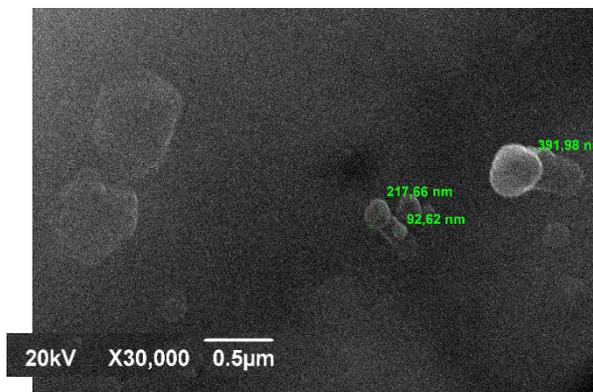


Figura 4 Nano partículas de oro formadas por medio de ablación láser

Resultado que permite garantizar que lo que se está observando efectivamente corresponde a nano partículas de oro formadas por ablación láser en medio líquido.

Se observó en algunos casos aglomeración posiblemente por efecto del proceso de recubrimiento con grafito realizado como pretratamiento de la muestra para SEM y se lograron observar algunas estructuras de las nano partículas con tamaños menores a 100 nm, en su mayoría con forma esférica, como se había determinado en el ensayo de AFM.

Cabe anotar que las nanopartículas generadas bajo este procedimiento podrían reducir significativamente costos de producción asociados, debido a que el láser usado es de bajo costo



y el montaje experimental es sencillo y fácil de llevar a cabo. Por su parte nanopartículas de este tamaño podrían tener especial interés y aplicabilidad en diversas áreas donde son actualmente estudiadas como, medicina, construcción e incluso en el sector energético para mejorar las condiciones catalíticas de celdas fotoelectroquímicas para producción de hidrogeno (Diaz-Morales et al., 2013; Shalaby et al., 2020; Tahir et al., 2015; Tavakol et al., 2020). Estas nano partículas de oro pueden a su vez formar parte de otros procesos de nano estructuración a través de técnicas complementarias donde puedan usarse como materia prima para generar otros dispositivos (Chen et al., 2005; Khanna et al., 2020).

#### 4. Conclusiones

Nanopartículas de oro con tamaños cercanos a los 100 nm fueron producidas por ablación láser en medio líquido, usando un láser común de luz azul, de forma satisfactoria, mediante un montaje de fácil y económica aplicabilidad. Debido al alto grado de pureza de las nanopartículas, que no se ve afectado por el proceso de fabricación, pueden ser usadas en diversas áreas que abarcan desde el área médica hasta la energética, donde pueden aumentar los sitios catalíticos y conductividad en un sistema fotoelectroquímico.

#### 5. Referencias

- Amendola, V., Polizzi, S., & Meneghetti, M. (2006a). Laser ablation synthesis of gold nanoparticles in organic solvents. *Journal of Physical Chemistry B*, 110(14), 7232–7237. <https://doi.org/10.1021/jp0605092>
- Amendola, V., Polizzi, S., & Meneghetti, M. (2006b). Laser ablation synthesis of gold nanoparticles in organic solvents. *Journal of Physical Chemistry B*, 110(14), 7232–7237. <https://doi.org/10.1021/jp0605092>
- Chen, Y., Roy, E., Kanamori, Y., Belotti, M., & Decanini, D. (2005). Soft nanoimprint lithography. *Advanced Microlithography Technologies*, 5645, 283. <https://doi.org/10.1117/12.570745>
- Desarkar, H. S., Kumbhakar, P., & Mitra, A. K. (2012). Effect of ablation time and laser fluence on the optical properties of copper nano colloids prepared by laser ablation technique. *Applied Nanoscience*, 2(3), 285–291. <https://doi.org/10.1007/s13204-012-0106-8>
- Diaz-Morales, O., Calle-Vallejo, F., de Munck, C., & Koper, M. T. M. (2013). Electrochemical water splitting by gold: Evidence for an oxide decomposition mechanism. *Chemical Science*, 4(6), 2334–2343. <https://doi.org/10.1039/c3sc50301a>
- Fang, Z., Xing, Q., Fernandez, D., Zhang, X., & Yu, G. (2020). A mini review on two-dimensional nanomaterial assembly. In *Nano Research* (Vol. 13, Issue 5, pp. 1179–1190). Tsinghua University Press. <https://doi.org/10.1007/s12274-019-2559-5>
- Ismail, R. A., Erten-Ela, S., Ali, A. K., Yavuz, C., & Hassoon, K. I. (2020). Pulsed Laser Ablation of Tin Oxide Nanoparticles in Liquid for Optoelectronic Devices. *Silicon*. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00676-y>
- Jackson, T. J., & Palmer, S. B. (1994). Oxide superconductor and magnetic metal thin film deposition by pulsed laser ablation: a review. In *J. Phys. D: Appl. Phys* (Vol. 27). <http://iopscience.iop.org/0022-3727/27/8/001>



- Jordan, R., Cole, D., Lunney, J. G., Mackay, K., & Givord, D. (1995). Pulsed laser ablation of copper. In *Applied Surface Science* (Vol. 86).
- Khanna, S., Utsav, Marathe, P., Paneliya, S., Vanpariya, A., Ray, A., Banerjee, R., & Mukhopadhyay, I. (2020). Fabrication of silicon nanohorns via soft lithography technique for photoelectrochemical application. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.09.076>
- Scaramuzza, S., Zerbetto, M., & Amendola, V. (2016). Synthesis of gold nanoparticles in liquid environment by laser ablation with geometrically confined configurations: Insights to improve size control and productivity. *Journal of Physical Chemistry C*, 120(17), 9453–9463. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b00161>
- Shalaby, M. S., Abdallah, H., Cenian, A., Sołowski, G., Sawczak, M., Shaban, A. M., & Ramadan, R. (2020). Laser synthesized gold- nanoparticles, blend NF membrane for phosphate separation from wastewater. *Separation and Purification Technology*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116994>
- Simakin, A. v., Voronov, V. v., & Shafeev, G. A. (2007). Nanoparticle formation during laser ablation of solids in liquids. *Physics of Wave Phenomena*, 15(4), 218–240. <https://doi.org/10.3103/s1541308x07040024>
- Tahir, B., Tahir, M., & Amin, N. S. (2015). Gold-indium modified TiO<sub>2</sub> nanocatalysts for photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction with H<sub>2</sub> as reductant in a monolith photoreactor. *Applied Surface Science*, 338, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.02.126>
- Tavakol, H., Zhiani, M., & Shareifyan-ghahfarokhi, F. (2020). Gold-decorated sulfur-doped carbon nanotubes as electrocatalyst in hydrogen evolution reaction. *Gold Bulletin*, 53(2), 63–76. <https://doi.org/10.1007/s13404-020-00275-0>
- Vinod, M., Jayasree, R. S., & Gopchandran, K. G. (2017). Synthesis of pure and biocompatible gold nanoparticles using laser ablation method for SERS and photothermal applications. *Current Applied Physics*, 17(11), 1430–1438. <https://doi.org/10.1016/j.cap.2017.08.004>
- Wilts, B. D., Clode, P. L., Patel, N. H., & Schröder-Turk, G. E. (2019). Nature's functional nanomaterials: Growth or self-assembly? *MRS Bulletin*, 44(2), 119–123. <https://doi.org/10.1557/mrs.2019.21>
- Yang, J., Xu, Y., He, P., & Fang, Y. (2013). Direct electrochemistry and electrocatalysis of hemoglobin on aligned carbon nanotubes based electrodes modified with Au nanoparticles and SiO<sub>2</sub> gel. *Electroanalysis*, 25(10), 2345–2353. <https://doi.org/10.1002/elan.201300196>
- Zhang, W., Wang, W., Shi, H., Liang, Y., Fu, J., & Zhu, M. (2018). Surface plasmon-driven photoelectrochemical water splitting of aligned ZnO nanorod arrays decorated with loading-controllable Au nanoparticles. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 180, 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2018.02.020>
- Zhou, S., Tang, R., Zhang, L., & Yin, L. (2017). Au Nanoparticles coupled Three-dimensional Macroporous BiVO<sub>4</sub>/SnO<sub>2</sub> Inverse Opal Heterostructure For Efficient Photoelectrochemical Water Splitting. *Electrochimica Acta*, 248, 593–602. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.07.058>

## Sobre los autores

- **Laura Carmona Saldarriaga:** Ingeniera de procesos, Máster en ingeniería (biotecnología), Estudiante de doctorado en ingeniería en el área de materiales, específicamente nano materiales de Universidad Eafit. [lcarmon3@eafit.edu.co](mailto:lcarmon3@eafit.edu.co)



- **Édgar Alexander Ossa Henao:** Ingeniero mecánico, Doctor, Cambridge University Engineering department, Postdoctor, Nottingham University, Profesor titular departamento de Ingeniería de Producción, Universidad Eafit. [eossa@eafit.edu.co](mailto:eossa@eafit.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

