

Silver nanoparticles: Stimulation by radiation in the visible spectrum and its influence on stability

Asmat-Campos, D., MSc.1,2*; Delfin-Narciso D., MSc.1; Juárez-Cortijo, L., MSc.1; Nazario-Naveda, R., MSc.1

1Universidad Privada del Norte, Dirección de Investigación y Desarrollo, Trujillo, Perú

2Universidad Privada del Norte, Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas y Nuevas Tecnologías, Trujillo, Perú

* david.asmat@upn.edu.pe / luisa.juarez@upn.edu.pe / daniel.delfin@upn.edu.pe / *renny.nazario@upn.edu.pe

Abstract– The objective of the study was to evaluate the effect on the stability of the silver nanoparticles synthesized by chemical route, according to the variation of the time of exposure of the luminous intensity. Two cases were evaluated by UV-Vis spectrophotometry, the first for colloidal solution, which showed its absorbance peak at 434 nm, typical for silver nanoparticles with spherical morphology; in a second case for colloidal solution under constant light intensity exposure (4409 lux) with times ranging from 15 hours to 48 hours. The results suggest the increase of the diameter of the nanospheres as a function of the increase of time luminous exposition, also an increase of the absorbance, which indicates a possible incomplete reaction and a greater production.

Keywords– metal nanoparticles, chemical synthesis, silver nanoparticles.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.2>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Nanopartículas de plata: Estímulo por radiación en el espectro visible y su influencia en la estabilidad

Asmat-Campos, D., MSc.^{1,2*}; Delfin-Narciso D., MSc.¹; Juárez-Cortijo, L., MSc.¹; Nazario-Naveda, R., MSc.¹

¹Universidad Privada del Norte, Dirección de Investigación y Desarrollo, Trujillo, Perú

²Universidad Privada del Norte, Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas y Nuevas Tecnologías, Trujillo, Perú

* david.asmat@upn.edu.pe / luisa.juarez@upn.edu.pe / daniel.delfin@upn.edu.pe / *renny.nazario@upn.edu.pe

Resumen– El objetivo del estudio fue evaluar el efecto en la estabilidad de las nanopartículas de plata sintetizadas por ruta química, como función de la variación del tiempo de exposición de la intensidad luminosa. Se evaluaron por espectrofotometría UV-Vis dos casos, el primero para solución coloidal, el cual mostró tener su pico de absorbancia en 434 nm, típico en nanopartículas de plata con morfología esférica; en un segundo caso para solución coloidal bajo exposición de intensidad luminosa constante (4409 lux) con tiempos que van desde 15 horas hasta 48 horas. Los resultados sugieren el incremento del diámetro de las nanoesferas en función al incremento del tiempo de exposición luminosa, así como un aumento de la absorbancia, lo que indica una posible reacción incompleta y una mayor producción.

Palabras clave: nanopartículas metálicas, síntesis química, nanopartículas de plata.

Abstract– The objective of the study was to evaluate the effect on the stability of the silver nanoparticles synthesized by chemical route, according to the variation of the time of exposure of the luminous intensity. Two cases were evaluated by UV-Vis spectrophotometry, the first for colloidal solution, which showed its absorbance peak at 434 nm, typical for silver nanoparticles with spherical morphology; in a second case for colloidal solution under constant light intensity exposure (4409 lux) with times ranging from 15 hours to 48 hours. The results suggest the increase of the diameter of the nanospheres as a function of the increase of time luminous exposition, alsos an increase of the absorbance, which indicates a possible incomplete reaction and a greater production.

Keywords: metal nanoparticles, chemical synthesis, silver nanoparticles.

I. INTRODUCCIÓN

La nanociencia y la nanotecnología se inició con investigaciones relacionadas a las nanopartículas metálicas, debido al cambio de sus propiedades magnéticas, catalíticas y ópticas [1], las más utilizadas en ámbitos de investigación son las de oro y plata, debido a la aplicabilidad que van desde bactericidas hasta usos artísticos [2]. Estas nanopartículas vienen recibiendo una gran atención por parte de los investigadores, debido a su uso en casi todos los ámbitos; las nanopartículas de metales nobles han estado ligados a aplicaciones médicas y biológicas [3]. El enorme crecimiento en nanotecnología ha abierto nuevas fronteras fundamentales y aplicadas en la ciencia e ingeniería de materiales, como la nanobiotecnología, [4] bionanotecnología, [5] puntos cuánticos,

[6] dispersión Raman mejorada en la superficie (SERS), [7] y microbiología aplicada.

Las nanopartículas de plata pueden ser sintetizadas por diversos métodos, siendo el más común el método de reducción química, el mismo que emplea reductores tales como el citrato de sodio o borohidruro de sodio [2][8], sin embargo cabe destacar que el uso de este método trae consigo un impacto negativo con el medio ambiente, es así que en la actualidad se están incorporando métodos de química verde, en donde utilizan diversos tipos de extractos naturales, los cuales poseen propiedades de reducción [1][2][9][10].

En la actualidad se ha evaluado únicamente el efecto fotosensible del reactivo precursor, que para este caso es el nitrato de plata, sin embargo, este trabajo de investigación evalúa el mismo efecto, pero de la solución coloidal de nanopartículas metálicas, enfocándolo desde un contexto fisicoquímico y su evaluación en la cinética de reacción.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología adoptada para el desarrollo de la investigación está basada en los protocolos citados en la introducción. Se tomó en cuenta también los métodos experimentales, los cuales validan el estudio del efecto sobre la estabilidad de tamaño de nanopartículas de plata con la interacción luminosa.

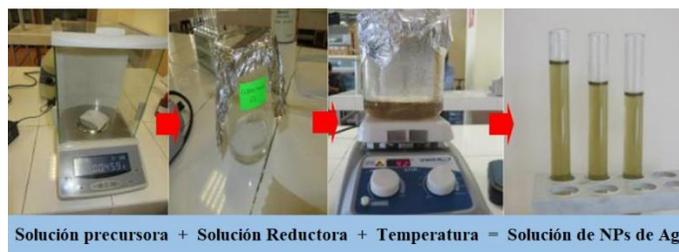


Fig. 1. Procedimiento experimental del proceso de síntesis de nanopartículas de plata mediado por ruta química.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.2>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

A. Proceso de síntesis de nanopartículas de plata

Se utilizó el método de reducción química, teniendo como precursor al nitrato de plata (AgNO_3) a una concentración de 5×10^{-3} M, de procedencia Sigma Aldrich, y como reductor se utilizó citrato de sodio al 1% de grado reactivo, la homogenización fue con temperatura controlada utilizando hotplate-stirring tal como se observa en la Fig. 1. Una vez obtenidas, las nanopartículas en estado coloidal fueron aisladas de cualquier fuente luminosa y se realizaron análisis de espectrofotometría UV-Vis a los 3 días y 42 días posteriores.

B. Pruebas experimentales

Las pruebas experimentales se realizaron en el Laboratorio de Física del Departamento de Ciencias de la Universidad Privada del Norte (UPN) sede Trujillo. A su vez, los análisis de espectrofotometría UV-Vis, fueron realizados en el Laboratorio de Físico-Química de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Nanopartículas en estado coloidal obtenidas siguiendo los parámetros anteriormente descritos fueron sometidas a fuentes luminosas. Para este procedimiento se preparó un sistema cerrado con una fuente luminosa constante de $4409 \text{ lux} \pm 2 \text{ lux}$. Este resultado se obtuvo usando un sensor de luz de la marca Vernier y el software de procesamiento de datos Logger Pro.

Se procedió a verter la muestra coloidal de nanopartículas de plata en tubos de ensayo colocados en gradillas, y fueron expuestos a la fuente luminosa durante intervalos de tiempo de 15, 24, 36 y 48 horas, extrayendo muestras para el análisis al finalizar el tiempo respectivo. La Fig. 2 muestra el procedimiento descrito.

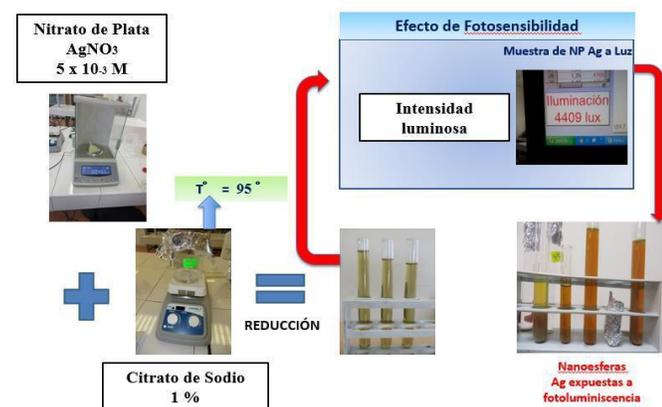


Fig. 2. Procedimiento experimental de la síntesis de nanopartículas de plata y la evaluación de la fotosensibilidad.

La data de resultados de espectrofotometría fue procesada con el software Origin, el mismo que definió con exactitud los valores de los picos de absorbancia óptica y su respectiva longitud de onda.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las nanopartículas metálicas poseen como característica la presencia de la resonancia de plasmón superficial, que es la oscilación colectiva de los electrones cuasi libres presentes en el metal a analizar. Estas oscilaciones han sido estudiadas de forma clásica por la Teoría de Míe y a su vez de forma cuántica. Cabe destacar que la oscilación de los electrones es posible gracias a la presencia de una radiación electromagnética incidente con su respectiva frecuencia provocando la resonancia de plasmón, de esto resulta que puedan encontrarse en cualquier región del espectro dependiendo de la estructura metálica, lo cual sería sinónimo del tamaño y forma de las nanopartículas. Es así como gracias a la ubicación del pico de absorbancia se pudo determinar la geometría y el tamaño, el mismo que delimita valores en tamaño que están en el rango de 30 a 80 nm y con geometría esférica.

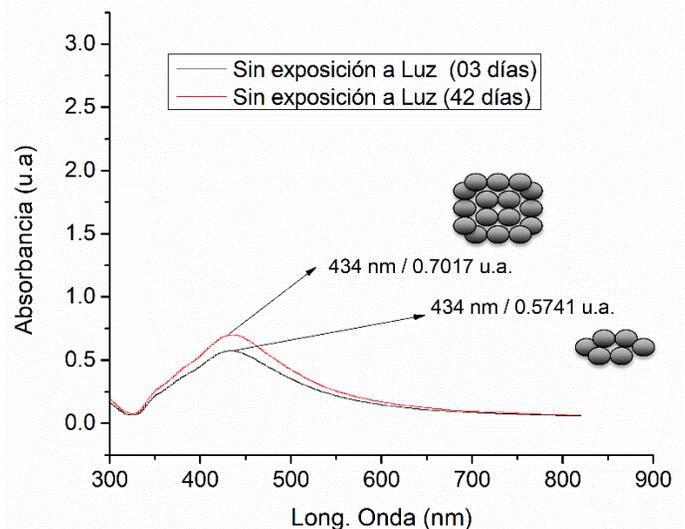


Fig. 3. Espectrofotometría UV-Vis del efecto de tiempo de reposo de solución coloidal de nanopartículas de plata.

La Fig. 3 muestra los resultados correspondientes a las muestras coloidales de nanopartículas de plata que no fueron sometidas a una fuente luminosa, los tubos de ensayo estuvieron tapados con papel aluminio, extrayéndose únicamente muestras en períodos de 3 y 42 días luego de haberse llevado a cabo el proceso de síntesis. De acuerdo al resultado de espectrofotometría UV-Vis, es posible observar un

crecimiento del pico de absorbancia al transcurrir los días, lográndose un incremento de la absorbancia, con intensidades que van desde 0.5741 u.a. hasta 0.7017 u.a para los 3 y 42 días respectivamente, esto debido posiblemente a que el protocolo de síntesis mediado por ruta química no generó una reacción completa del mismo, lo que conlleva a la formación de más nanopartículas, sin embargo el tamaño se mantiene constante, debido a que el pico de resonancia de plasmón se mantuvo en 434 nm, lo cual determina una estabilidad.

También se evaluó el efecto de las nanopartículas de plata sometidas a una fuente luminosa constante de 4409 lux, la Fig. 4 muestra los resultados de espectrofotometría UV-Vis, con intervalos de tiempo de 15, 24 y 36 horas. Es notorio el efecto del incremento del pico de absorbancia, lo cual demuestra un proceso catalítico en la formación de una mayor cantidad de nanopartículas comparado con las nanopartículas no sometidas a una fuente luminosa.

Respecto al tamaño, en las muestras de 15, 24 y 36 horas es notorio un corrimiento del pico de resonancia de plasmón hacia el “red shift”, lo cual implica un incremento del tamaño de nanopartícula, y por ende una inestabilidad en tamaño, esto quizás debido a que, ante la presencia de una radiación electromagnética, estas se vuelven más energéticas, pasando a generarse clusters de las mismas, los cuales se reflejan en partículas de mayor tamaño. La muestra con tiempo de exposición de 48 horas mostró un corrimiento hacia el “blue shift”, lo que implica un umbral máximo de interacción energética, generando una disminución del diámetro de la nanopartícula.

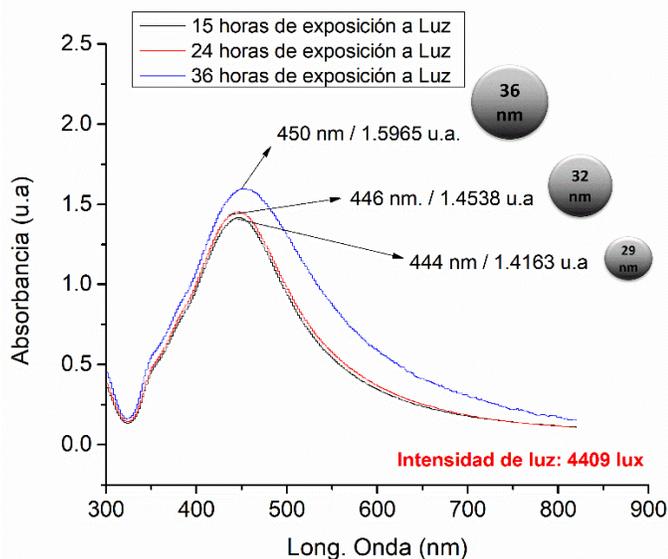


Fig. 4. Espectrofotometría UV-Vis de la fotosensibilidad de las nanopartículas de plata para tres periodos de tiempo.

La Fig. 5 muestra la totalidad de las muestras analizadas, en donde se puede contrastar la gran diferencia existente entre las muestras no sometidas a fuente luminosa y el bajo pico de absorbancia, respecto a aquellas en donde el tiempo de intensidad luminosa de exposición fue variable, es notable la velocidad de reacción en la producción de un mayor número de nanopartículas de plata.

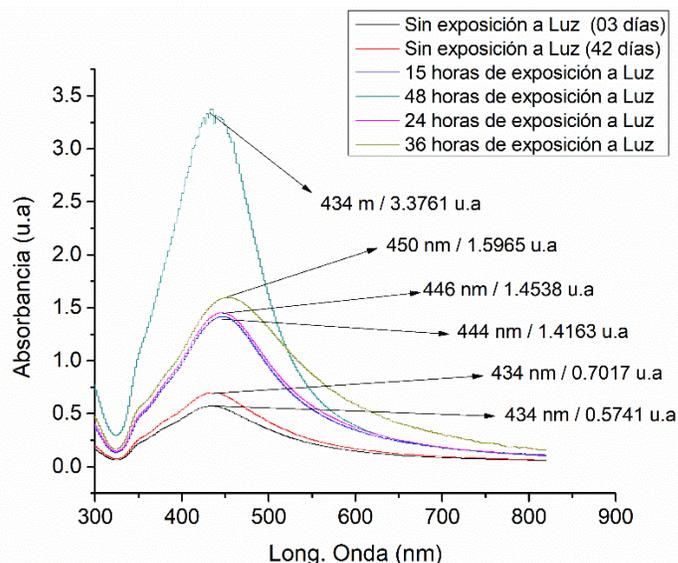


Fig. 5. Superposición de los espectros de absorción de las muestras de soluciones coloidales sometidas y no sometidas a Fuente luminosa.

IV. CONCLUSIONES

Se determinó la existencia de nanopartículas con geometría esférica; estas nanopartículas fueron sintetizadas por el método de ruta química, los cuales lograron tamaños entre 30 y 80 nm, y con pico de resonancia de plasmón entre 434 y 450 nm. A su vez se determinó que existe una gran diferencia entre la cinética de reacción cuando la solución coloidal de nanopartículas de plata está y no sometida a una fuente luminosa, cuando la solución no está sometida a una fuente luminosa el tamaño permanece constante, sin embargo hay un incremento en la producción de nanopartículas; por el contrario en el caso de exposición a una fuente luminosa constante (4409 lux), se encontró una mayor cantidad de nanopartículas, pero a su vez inestabilidad en el tamaño, el cual sería un factor fundamental dentro del manejo de los procesos de síntesis para nanopartículas fotosensibles. El método de química húmeda generó una reacción incompleta, el mismo puede ser mejorado mediante el manejo de los reactantes (reductores y estabilizantes).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación del Departamento de Ciencias de la Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo.

Agradecemos particularmente al Laboratorio de Físico-Química de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, por los análisis.

REFERENCES

- [1] Monge, M. (2009). Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas, *Anales de Química*, 105(1), pp 33-41.
- [2] Santorum, N. (2017). Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata empleando el extracto de las hojas de matico (*Piper aduncum*) como agente reductor, tesis de título profesional, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
- [3] R.R. Arvizo, S. Bhattacharyya, R.A. Kudgus, K. Giri, R. Bhattacharya, P. Mukherjee, *Chem. Soc. Rev.* 41 (2012) 2943–2970.
- [4] H. Klefenz, *Eng. Life Sci.*, 2004, 4, 211–8.
- [5] D. Goodsell, *Bionanotechnology: Lessons from Nature*, Wiley-Less, New Jersey, USA, 2004, pp. 1–8.
- [6] W. C. W. Chan and S. Nie, *Science*, 1998, 281, 2016–8.
- [7] Z. Tian and B. Ren, *Annu. Rev. Phys. Chem.*, 2004, 55, 197–229.
- [8] Bermares, S., Torres, E., Coparán, J., Arriaga, J. y Elizondo, N. (2013). Síntesis y caracterización de nanopartículas de oro, plata y fierro por el método de físicoquímica verde. *Foro de divulgación Científica y tecnológica*. México.
- [9] Yulizar, Y. (2017). Green synthesis of gold nanoparticles using aqueous garlic (*Allium sativum* L.) extract and its interaction study with melamine, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 12(2), pp 212-218.