



BIOSÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA EMPLEANDO LA PLANTA *EQUISETUM HYEMALE L.*

Gabriela González, Karina Chávez, Gerardo Rosas.

Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. gabriela_gonzalez.1310@hotmail.com, ingquimica269@hotmail.com, grtrejo07@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se presenta una visión general de las nanopartículas de plata (Ag NPs) obtenidas por medio de la síntesis verde, la cual tiene ventajas sobre los métodos convencionales que implican agentes químicos asociados con la toxicidad medioambiental. En la actualidad las nanopartículas han tenido un gran auge, debido a sus múltiples beneficios, especialmente las de plata. Durante siglos, la gente ha utilizado la plata por sus cualidades antibacterianas. Por ejemplo, los antiguos griegos cocinaban en ollas de plata y comían con cucharas de plata. En general, la fabricación de objetos de plata o el recubrimiento de las mismas en plata puede ser costoso. Sin embargo, se han desarrollado métodos para impregnar otros materiales con nanopartículas de plata para dar una propiedad antimicrobiana. La biosíntesis consiste en utilizar un extracto de una planta, en este caso *Equisetum hyemale L.* (Cola de caballo), como agente reductor y estabilizante, el cual reduce la sal precursora (AgNO_3) en iones de plata. En el proyecto se varió la concentración de sal para evaluar la influencia de esta, en la producción de nanopartículas. Se caracterizaron por espectroscopía de absorción ultra-violeta-visible (UV-Vis), microscopía electrónica de barrido (MEB) y microscopía electrónica de transmisión (MET). Se concluyó que con la variación de la sal precursora las nanopartículas variaban en tamaño.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las nanopartículas han tenido un gran auge, debido a sus múltiples beneficios, especialmente las de plata. La biosíntesis de nanopartículas de plata (Ag NPs) o su obtención por medio de hongos, bacterias o plantas (síntesis verde), presenta ventajas sobre los métodos convencionales que implican agentes químicos asociados con la toxicidad medioambiental [1]. En general, la fabricación mediante plantas es más ventajosa con respecto a las demás fuentes, porque el procedimiento es más simple. Se han utilizado varias plantas para sintetizar nanopartículas de plata, entre las cuales encontramos *Heterotheca Inuloides Cass* (Árnica), *Ocimum Basilicum L.* (Albahaca), *Origanum majorana L.* (Mejorana), *Satureja Mexicana Briq.* (Menta), *Mentha piperita L.* (Yerbabuena) [2].

En este trabajo, se realiza la biosíntesis consistente en utilizar un extracto de la planta *Equisetum hyemale L.* (Cola de caballo), como agente reductor y estabilizante, para la reducción de la sal precursora (AgNO_3) en iones de plata [3]. En el estudio se varió la concentración de la sal para conocer su influencia en la producción de nanopartículas. Los productos se caracterizaron por espectroscopía de absorción ultra-violeta-visible (UV-Vis), microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y microscopía electrónica de alta resolución (HREM).



2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se seleccionó la planta a estudiar la cual no debe ser tóxica y no haber sido estudiada previamente para la obtención de este tipo de nanopartículas. En este caso, se utilizó el extracto de la planta *Equisetum hyemale L.* (Cola de caballo), con la cual se prepararon extractos en 50ml de agua y a una temperatura de 50°C. Para la preparación de las soluciones precursoras, se utilizó la sal de nitrato de plata (AgNO_3), la cual fue disuelta en agua destilada, las soluciones preparadas fueron: 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 15 mM, éstas se sometieron a una agitación durante 15 minutos para la disolución completa de la sal en agua. Una vez que se obtuvo el extracto de la planta y el precursor (AgNO_3), se colocó la misma cantidad para cada concentración mM de AgNO_3 en un recipiente de 100ml. Las muestras se caracterizaron mediante UV-vis, MEB, MET y HREM [4-6].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las nanopartículas de plata también se caracterizaron por espectroscopía de UV-Vis, las longitudes de onda de la luz, estando entre 400-800 nm, son generalmente utilizadas para la caracterización de diversas nanopartículas de metal en el rango de tamaño de 2 a 100 nm. La figura 1, ilustra los espectros de absorción de las nanopartículas de plata obtenidas mediante el uso del extracto de cola de caballo y para las concentraciones de plata de 1, 3, 5 y 7, 9, 11 y 15 mM de AgNO_3 . La figura 1a. Ilustra los espectros de absorción de las nanopartículas de plata para las concentraciones de plata de menor molaridad. Como se podrá notar, ningún pico característico de la absorción de plata es observado, lo que indica que la reacción no procedió para estas concentraciones usadas. Sin embargo, la figura 1b. Se distingue un pico difuso, es decir, integrado de amplias longitudes de onda que se presenta entre los 425 y 550 nm, como resultado de la absorción sobre el ruido de fondo que puede ser caracterizado por la presunta presencia de nanopartículas de plata, estos espectros corresponden a un tiempo de reacción de un mes.

Es importante señalar que la plata en forma de nanopartícula, cuando es analizada por la técnica de UV-Vis, muestra un pico del plasmón de absorción en su superficie, con un máximo de aproximadamente 430 nm

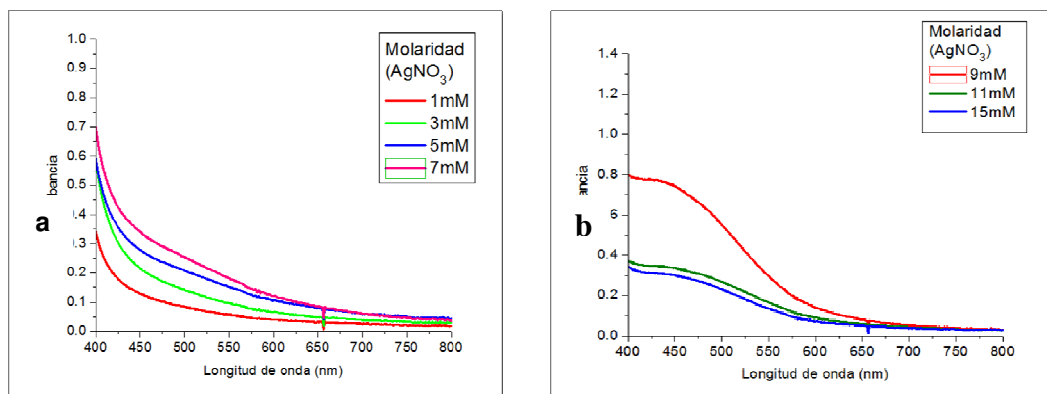


Figura 1.- Espectros UV-Vis de nanopartículas de Ag sintetizadas por el extracto de cola de caballo (*Equisetum hyemale L.*)

Las diferentes composiciones fueron estudiadas mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) y espectroscopía de energía dispersiva (EDS).



La figura 2a, corresponde a una micrografía de barrido que ilustra una foto representativa registrada por la técnica de electrones secundarios, en donde se pueden apreciar los polvos después de tratar el tallo del extracto de cola de caballo con la solución acuosa de nitrato de plata. La figura obtenida a 200,000 ampliificaciones constata la presencia de partículas esféricas con tamaños nanométricos. No obstante se observan algunas zonas de aglomeración, las nanopartículas se presentan en general dispersas. Aunque los resultados en cuanto a cola de caballo fueran los menos agraciados durante el análisis visual y por UV-vis, las presentes observaciones directas indican que esta planta también contiene sustancias activas capaces de reducir la plata. La figura 2b, corresponde a una imagen obtenida a 300,000 X, y muestra en general que las partículas esféricas tienen un tamaño promedio que oscila entre los 8 y 15 nm, aunque algunas pocas alcanzan tamaños hasta de 50 nm.

Por otro lado, la figura 3 corresponde a los análisis químicos obtenidos de la misma muestra en donde una serie de elementos aparecen en él, desde Cl, S, K, Na, O, C y Ag. Obviamente, las cuentas registradas de la plata corresponden a las nanopartículas de plata, mientras que los otros elementos corresponden a la planta excepto el Si, proveniente del portamuestra. Estos resultados se refuerzan con los obtenidos por UV-vis en donde, las soluciones mostraron un pico del plasmón correspondiente a las nanopartículas esféricas de plata.

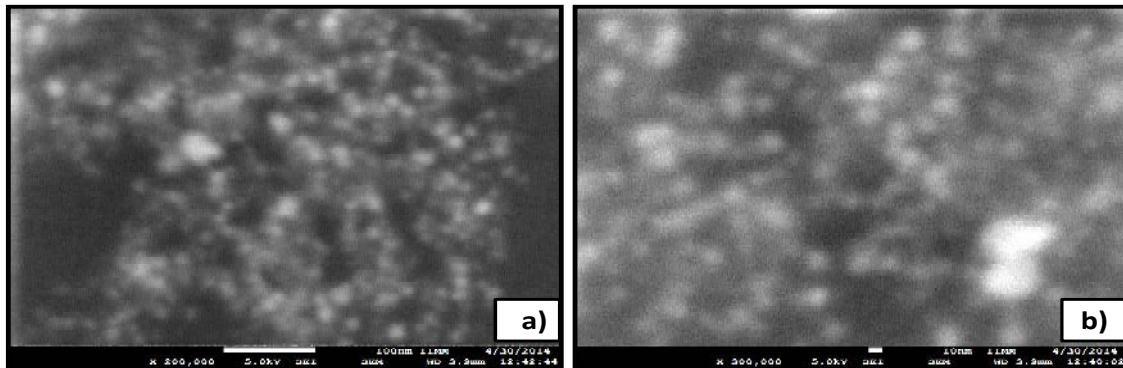


Figura 2.- Imágenes de microscopía electrónica de barrido de nanopartículas de plata sintetizadas con cola de caballo, a) 200,000 X y b) 300,000 X.

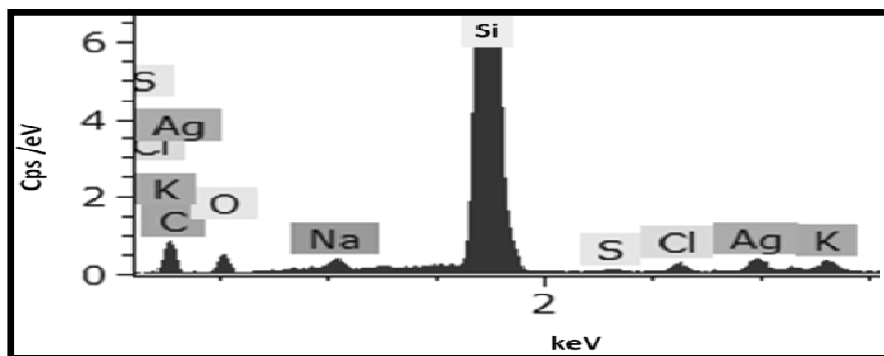


Figura 3 Análisis químico por EDS de la muestra con extracto de cola de caballo.



La técnica de microscopía electrónica de transmisión fue realizada, empleando las metodologías de campo claro y alta resolución, con la finalidad de conocer de forma directa los resultados obtenidos de la reducción de AgNO_3 empleando los mencionados extractos y en cuanto a la morfología, tamaño y estructura de las nanopartículas.

La figura 4 muestra una imagen representativa de campo claro en donde se aprecia y comprueba la presencia de nanopartículas semiesféricas, después de la síntesis para el caso en donde el extracto de cola de caballo fue empleado. Se puede apreciar de esta imagen que una distribución poli-dispersa es obtenida.

Las partículas medidas directamente, presentan un rango de tamaño de 8 a 50 nm, con un tamaño promedio de 25 nm.

La figura 5 corresponde a una imagen de microscopía electrónica de alta resolución (HRTEM), en donde se constata mediante esta técnica, que las nanopartículas sintetizadas pertenecen a plata metálica, esto es, la figura 5a ilustra una nanopartícula que aproximadamente mide un tamaño de 25 nm, en donde el interlineado corresponde a una distancia interplanar de 0.232 nm que pertenece a los planos del tipo (111) de la plata. Tanto la correspondiente transformada rápida de Fourier (FTT), como la imagen denotan que la nanopartícula tiene una estructura del tipo fcc (figura 5b).

La figura 5 del inciso c, también corresponde a una nanopartícula del tipo fcc con una tamaño de aproximadamente 8 nm y cuyos planos perpendiculares al haz son los mismos del tipo (111).

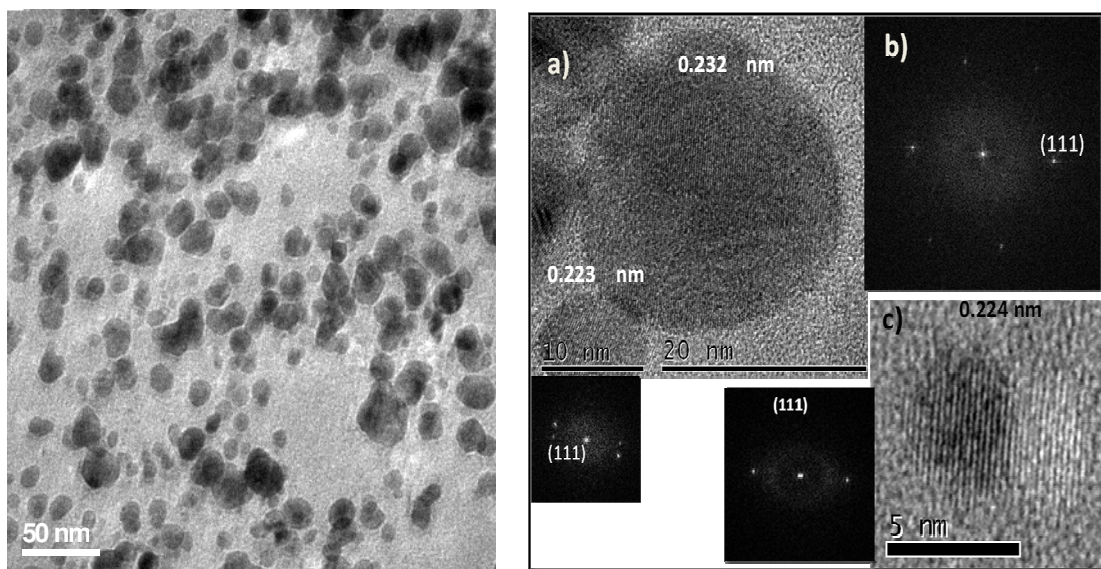


Figura 4. Imagen de TEM campo claro.

Figura 5. Imágenes de TEM alta resolución (HRTEM), nanopartículas con su respectiva transformada rápida de Fourier (FTT).



4. CONCLUSIONES

Después de los estudios del presente trabajo, la reacción entre las diferentes concentraciones del nitrato de plata y el extracto del *Equisetum Hyemale L.* y su caracterización mediante UV-vis, MEB y MET, se puede concluir que las nanopartículas de plata pueden ser reducidas a partir del precursor AgNO_3 y con el extracto de la planta cola de caballo.

Los experimentos empleando el extracto de cola de caballo indican que nanopartículas perfectas del tipo fcc se obtienen, sin embargo, otras partículas crecen a través del fenómeno de maclado en los planos del tipo (200). Los resultados indicaron que las sustancias del extracto no son suficientes como agentes estabilizantes de la solución coloidal, puesto que domina la coalescencia entre las partículas.

Como sugerencia para futuras investigaciones la cantidad de agente reductor o extracto deberá ser variada en futuras investigaciones para conocer el efecto de la relación agente reductor extracto/sal de plata para evaluar si el tamaño de la nanopartícula puede ser controlado.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-C. Bréchnignac, P.H., M. Lahmani, "Nanomaterials and Nanochemistry". 2009. Pp 85-87.
- 2.- D. L. Schodek, P.F., Michael F. Ashby, "Nanomaterials, Nanotechnologies and Design: An Introduction for Engineers and Architects". 2009. pp 560-565
- 3.- Serpone, S.H.a.N., "Microwaves in Nanoparticle Synthesis: Fundamentals and Applications". 2013. Pp 12-13
- 4.- M. Faraldos; C. Goberna, "Técnicas de Análisis y Caracterización de Materiales" Consejo Superior De Investigaciones Científicas, 2012. pp. 51-64, 551-576
- 5.- S. Amelinkx, D.van Dyck, J.van Landuyt, G.van Tendeloo."Handbook of Microscopy, Applications in Materials Science, Solid-State Physics, and Chemistry". Wiley-VCH, (2006). Volumen 2. Pp 30-43.
- 6.- R. González, R. Pareja, C. Ballesteros "Microscopía Electrónica" Eudema Universidad Complutense (2011). pp. 39-47