



BIOSÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA USANDO EXTRACTO ACUOSO DE *SEDUM PRAEALTU*

José Luis Landeros Páramo, Gerardo Antonio Rosas Trejo

Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH, Morelia, Mich.
E-mail: landeros_jose_luis@yahoo.com, grtrejo07@yahoo.com.mx.

RESUMEN

En la actualidad los principios bioactivos de las plantas han sido razón de estudio tanto en la agricultura y la medicina. Sin embargo, en los últimos años han cobrado gran interés hacia la síntesis verde de nanopartículas fungiendo como agentes reductores y estabilizantes, ofreciendo las ventajas de contar con una reacción rentable y amigable ecológicamente. En este trabajo, se enfoca en la optimización de la síntesis de nanopartículas de plata (AgNPs) utilizando para ello extracto de *Sedum praealtum* así como AgNO_3 como precursor del ion plata. Se evaluaron las condiciones tales como; concentración de extracto de planta y sal de (AgNO_3), proporción de la mezcla de reacción, temperatura y tiempo de reacción que mostraron un efecto en el control del tamaño, cantidad, morfología y velocidad de formación de las AgNPs. Inicialmente, se confirmó la generación de AgNPs por medio del monitoreo en espectroscopia UV-visible con las vibraciones de plasmón de superficie en un intervalo de 420 a 450 nm típico de las AgNPs. El valor óptimo de la concentración del extracto fue 1.24g en 100 mL de agua destilada. La concentración de AgNO_3 15 mM, a la mezcla de reacción fue 4 de extracto a 96 de sal precursora, se realizaron experimentos a las temperaturas de 24°C (temperatura ambiente) y 80 °C. Del tiempo de reacción se observó el inicio de la reacción en 10 minutos aunque se estabiliza y tiene su máximo de absorbancia a 24 horas. Lo anterior se confirmó por la caracterización por rayos X, microscopia electrónica de barrido y de transmisión. Por lo que se demostró que las AgNPs se pueden sintetizar adaptando factores significativos mientras se realiza el procedimiento de síntesis en condiciones óptimas.

1. INTRODUCCIÓN

Los nanomateriales son preparados de diferentes materiales y estructuras (nanopartículas, nanohilos, nanotubos, entre otras) que involucra semiconductores, metales, óxidos cerámicos, etc. [1]. Recientemente con el relativo auge de la nanotecnología, la síntesis de AgNPs ha llamado la atención por ser demandante para su uso en la optoelectrónica, catálisis, electrónica, fotónica, entre otros [2], debido a las propiedades que difieren entre los átomos, moléculas y el mundo macro y que mejora el comportamiento de la materia [3].

Las nanopartículas de plata pueden ser sintetizadas por una gran variedad de métodos. Estos métodos según la técnica de aplicación se clasifican en: de arriba hacia abajo (Top-Down) y abajo hacia arriba (Bottom-Up) [4]. Para el caso de (Bottom-Up) se ajusta a la construcción de formas más grandes a partir de la manipulación y ensamblaje de átomos o moléculas por medio de reducción química, evaporación térmica, etc. [5]. Dentro de la reducción química, se está involucrado la participación de agentes reductores de origen sintético por ejemplo el borohidruro de sodio, citrato de sodio, además de, agentes surfactantes como dodecilsulfato de sodio, soluciones poliméricas, etc. Sin embargo estos presentan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. De aquí parte la importancia de la búsqueda de nuevos métodos de síntesis



económicos, simples y seguros como la síntesis biológica, que involucra el empleo de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos) o extractos de plantas medicinales con propiedades antioxidantes, estas últimas por poseer metabolitos reductores y estabilizantes como compuestos fenólicos (ácido gálico, ácido benzoico, flavonoides entre otros) que reduce al precursor metálico. El mecanismo para la formación de AgNPs por este último método consta de una sola etapa, debido a que el extracto ofrece como una ventaja el tener los agentes reductores y estabilizantes en un solo medio, aunque están involucrados los mecanismos de nucleación y crecimiento al mismo tiempo lo que se convierte en desventaja al ser principal factor de pérdida de control de la reacción.

El objetivo en este trabajo fue el sintetizar y caracterizar AgNPs obtenidas a partir del extracto acuoso de la planta *Sedum praealtum* variando parámetros de reacción para evaluar la efectividad de esta planta.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Se llevó a cabo la preparación del extracto con cantidades correspondientes a: 1, 1.24 y 1.5g de hoja de la planta medicinal *Sedum praealtum* en 100 mL de agua destilada y, a una temperatura de 60 °C con agitación constante por un tiempo de 20 min. Como precursor de la plata se utilizó AgNO_3 en concentraciones: 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 5, 7, 9 y 11mM. La reacción se llevó a cabo a temperatura ambiente (aprox. 23 °C), posteriormente se analizó en el espectrofotómetro UV-Visible, para finalmente, seleccionar las muestras con mejores resultados para su caracterización por difracción de rayos X y microscopías electrónicas (SEM y TEM).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las moléculas cuando absorben radiación dentro del UV-Visible, la energía que absorbe excita los electrones que se encuentran en orbitales de baja energía hacia mayor energía. Esto provocado por una longitud de onda característica de acuerdo a la estructura molecular, lo que nos permite correlacionar las bandas de absorción debidas a la resonancia del plasmon de superficie y con ello proporcionar información de el tamaño y las formas de las AgNPs [8][9]. La Figura 1 muestra el espectro de absorción UV-visible obtenido de los sistemas coloidales de AgNPs obtenido por extracto acuoso de *Sedum praealtum*.

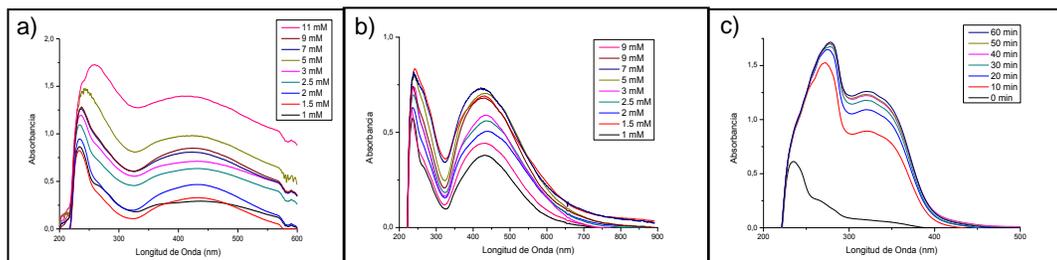


Figura 1. Espectro de absorción UV-Visible. a) curvas de acuerdo a la concentración de la sal precursora (AgNO_3) una hora después de la reacción, b) después de 48 horas de reacción, c) la reacción en el tiempo.

La gráfica a) corresponde a las curvas de diferentes concentraciones de AgNO_3 : 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 5, 7, 9 y 11mM a una hora de la reacción, la b) son las mismas concentraciones pero después de 48 h y finalmente c) al comportamiento de la reacción cada 10 min hasta 1 h de reacción de síntesis. Se puede observar en el inciso a) las curvas anchas con un máximo de absorbancia de todas en una longitud de onda de 320 nm, sobresaliendo tanto en el inciso a) como el b), la de 11 mM y 5 mM, esto nos indica la presencia de AgNPs, con una morfología esférica por estar dentro de la



frecuencia comprendida de 380-430 nm característica a esta morfología [9]. A diferencia de la curva a), la b) parece estabilizarse con picos mucho más estrechos y definidos, este cambio puede ser atribuido a la formación de diferentes tamaños de nanopartículas, uniformizándose la distribución de tamaño algunas horas después [10]. En último lugar la c) nos muestra que las AgNPs comienzan a formarse a los 10 min y se estabilizan a una 1 h de inicio de la reacción.

El estudio de difracción de Rayos X se llevó a cabo para confirmar la formación y naturaleza cristalina de las AgNPs. La Figura 2 muestra el espectro de difracción de Rayos X de la mezcla de reacción con AgNPs. Se observa los picos propios de la plata con un intensidad baja, esto muestra que la eficiencia de reducción del extracto de la planta es relativamente baja.

En la Figura 3 están expuestos el análisis químico e imagen de SEM. En los cuales se confirmó la presencia de Ag, C, O₂, Cl, estos tres últimos, propios de los compuestos del extracto. Mientras que la microscopia SEM muestra puntos blancos (AgNPs) sobre un fondo negro. Lo que nos ratifica junto con la espectroscopia UV-visible y la difracción de Rayos X la síntesis de AgNPs.

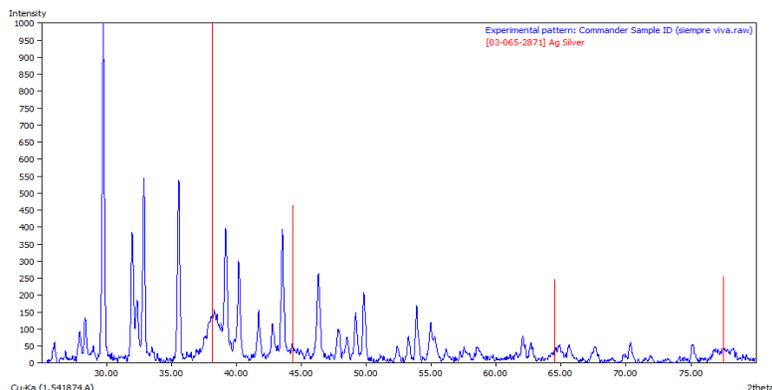


Figura 2. Patrón de difracción de Rayos X de la mezcla de reacción mostrando AgNPs.

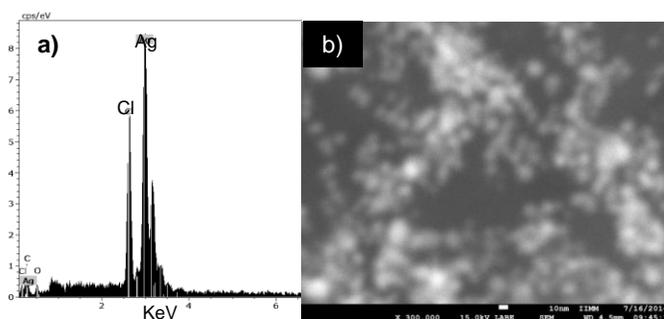


Figura 3. Inciso a) análisis químico y, b) imagen de SEM de las AgNPs.

La micrografía de TEM y el histograma de la distribución de tamaños de las AgNPs se presentan en la Figura 4. En las cuales se llevó a cabo el análisis morfológico y estadístico y, como resultado se decretó que la forma dominante de las nanopartículas es esférica, con un tamaño promedio de 16.12 nm, y estando en un rango mínimo de 4.69 nm a máximo de 48.75 nm. Cabe mencionar que las AgNPs se encuentran cercanas a un rango de 5 a 25 nm. Esto se debe a las biomoléculas que recubren la superficie y permite actuar como agente de estabilización al impedir el contacto directo



por impedimento estérico, de ahí que las partículas no sigan creciendo y se hagan estables por un periodo de tiempo relativamente prolongado.

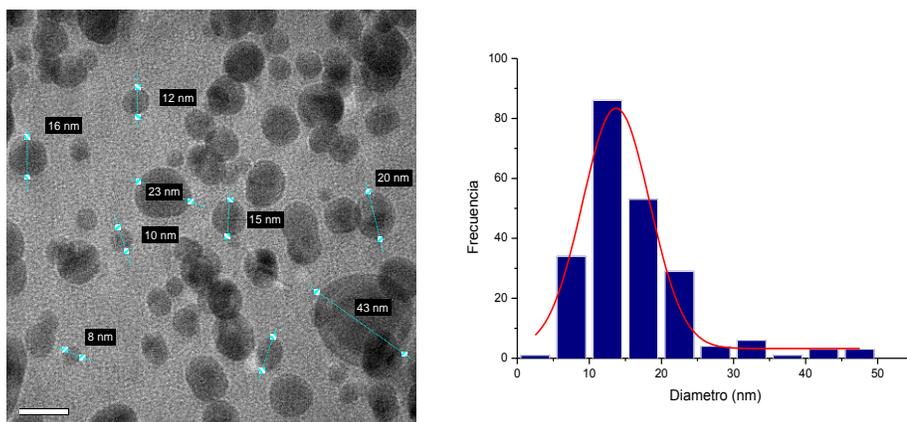


Figura 4. Micrografía de TEM de las AgNPs de forma ovalada a esférica e histograma de distribución de tamaño.

4. CONCLUSIONES

Para este trabajo de investigación fue posible sintetizar nanopartículas de plata utilizando como sal precursora del ion plata el AgNO_3 y el agente reductor-estabilizante, un extracto de *Sedum praealtum*. Presentando mejores resultados a concentraciones de 5 y 11 mM de AgNO_3 , iniciando la formación de AgNPs a los 10 min de inicio de la reacción y 1 h para su estabilización, con una morfología esferoide de tamaño promedio de partícula de 16.12 nm muy cercano al rango de 5 a 25 nm. Aunque el extracto de *Sedum praealtum* se determinó que funciona como agente reductor y estabilizante, se pudo observar que posee una relativa baja eficiencia para la síntesis de AgNPs, sin embargo, se pueden seguir adaptando factores significativos mientras se realiza el procedimiento de síntesis para encontrar las posibles condiciones óptimas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gogotsi, Yury. *Nanomaterials Handbook*. Boca Raton, Florida, Estados Unidos : Taylor & Francis Group, LLC, 2006.
2. *Síntesis y Caracterización de Nanopartículas de Plata por la Ruta sol-Gel a Partir de Nitrato de Plata*. Morales, Jorge, y otros, y otros. Perú : s.n., 2009, Scielo, págs. 177-183.
3. Bandyopadhyay, A. K. *Nano Materials*. Kolkata, India : New Age International (P) Ltd, 2008.
4. Queijo Antelo, Álvaro. *Arquitecturas Supramoleculares Generadas por Nuevos Derivados de Ciclodextrinas y Ácidos Biliares*. Santiago de Compostela, España : Universidad de Santiago de Compostela, 2010.
5. Serena Domingo, Pedro A. *La Nanotecnología*. Madrid. España : Carata, 2010.
6. *Nanopartículas de plata: método de síntesis en disolución y propiedades bactericidas*. Monge, Miguel. 05, La Rioja : Real Sociedad Española de Química, 2009, Vol. 05. 33-41.
7. *Obtención y caracterización de nanopartículas de plata soportadas en fibra de algodón*. López Iturbe, J., y otros, y otros. 3, Toluca, Estado de México : Sociedad Mexicana de Ciencias y Tecnología de Superficies y Materiales , 2013, Vol. 26. 73-78.
8. Ronquillo De Jesús, E., y otros, y otros. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata empleando extractos de plantas. Riviera Maya, Quintana Roo : XXXII Encuentro Nacional y 1er Congreso Internacional AMIDIQ, 2011.



9. *Reparación de Nanopartículas de Plata en Ausencia de Polimeros Estabilizantes*. Sifontes, Ángela B., y otros, y otros. 6, Caracas, Venezuela : Quim. Nova, 2010, Vol. 33. 1266-1269.
10. *Nanopartículas Metálicas Y Plasmones de Superficie: Una Relación Profunda*. A. Cruz, Daniel, y otros, y otros. Tenerife, España : Avances en Ciencias e Ingeniería , 2012. ISSN: 0718-8706.
11. *Optimization of reaction conditions to fabricate nano-silver using Couroupita guianensisAubl. (leaf & fruit) and its enhanced larvicidal effect*. Vimala, R.T.V, Sathishkumar, Gnanasekar y Sivaramakrishnan, Sivaperumal. 135, Tiruchirappalli, India : Elsevier, 2015.
12. *Biosynthesis, purification and characterization of silver nanoparticles using Escherichia coli*. Gurunathan, Sangiliyandi , y otros, y otros. 74, Tamil Nadu, India : Elsevier, 2009.
13. Poole Jr., Charles P. y Owens, Frank. *Introducción a la Nanotecnología*. New Jersey. U.S.A : Reverté, S.A., 2003.
14. *Nanomateriales para aplicaciones avanzadas*. Garcia Martínez, Javier, y otros, y otros. 2007, Laboratorio de Nanotecnología Molecular, págs. 1-9.
15. *Nanociencia y Nanotecnología...un mundo pequeños*. Quintili , Mario . 2012, Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, págs. 125-155.
16. F. Ashby, Michael , J. Ferreira , Paulo y L. Schodek, Daniel . *Nanomaterials, Nanotechnologies and Design*. Burlington. U.S.A : Elsevier Ltd., 2009.