

## CHEMICAL SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING CHITOSAN

### SÍNTESIS QUÍMICA DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA USANDO QUITOSANO

Laura Páez, Oslen Jaimes, Heriberto Peña, Zaida Sánchez

Universidad de Pamplona

Grupo de Óptica Moderna

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303, Ext. 246

E-mail: [laurabp118@hotmail.com](mailto:laurabp118@hotmail.com), [oslendjs@hotmail.com](mailto:oslendjs@hotmail.com),

[heriberto pepe@unipamplona.edu.co](mailto:heriberto pepe@unipamplona.edu.co), [zacosa@gmail.com](mailto:zacosa@gmail.com)

**Abstract:** In this paper a general review of sensors is presented to move specifically to the study of nanosensors and their applications. The synthesis of silver (Ag) nanoparticles was carried out by chemical reduction in solution, following a protocol based on the Turkevich method, varying parameters parameters in such a way that the synthesis was as least polluting as possible, in other words, a green, economical synthesis. and reproducible. As the first method of characterization of these nanoparticles, a UV-Visible spectrophotometer is used to validate the obtaining of nanoparticles and compare these results with other works reported in the literature.

**Keywords:** Nanoparticles, sensor, nanosensor, chemical synthesis, chitosan.

**Resumen:** En el presente trabajo se presenta una revisión general sobre sensores para pasar específicamente al estudio de los nanosensores y sus aplicaciones. Se realizó la síntesis de nanopartículas de plata (Ag) por reducción química en disolución, siguiendo un protocolo basado en el método de Turkevich variando ciertos parámetros de tal manera que la síntesis sea lo menos contaminante posible, en otras palabras, una síntesis verde, económica y reproducible. Como primer método de caracterización de estas nanopartículas se usó un espectrofotómetro UV-Visible para validar la obtención de nanopartículas y comparar estos resultados con otros trabajos reportados en la literatura.

**Palabras clave:** Nanopartículas, sensor, nanosensor, síntesis química, quitosano.

#### 1. INTRODUCCION

La nanotecnología, como nueva rama del conocimiento científico, propone y está en búsqueda constante del modelo que mejor ajusta a los sucesos que ocurren a escala nanométrica ( $10^{-9}$ m). El descubrimiento permanente de formas y propiedades novedosas en esta escala hace necesario que, esta innovadora, pero no tan nueva, rama de la ciencia y la tecnología, se

nutra de diferentes modelos que provienen de disciplinas variadas, como la física cuántica y la química moderna, que tienen enfoques distintos para observar la materia. La naturaleza se comporta como es, los modelos de la nanotecnología solo tratan de describir y poder anticipar que puede ocurrir en determinadas circunstancias donde las dimensiones son del orden de las dimensiones atómicas o moleculares.

¿Dónde está el límite entre lo macro y lo nanométrico? La respuesta se encuentra en las propiedades intensivas de la materia. El color, el punto de fusión, la densidad y otras propiedades de la materia permiten conocer y diferenciar distintos tipos de sustancias, ya que son propiedades que no cambian con la cantidad de materia involucrada. Esto se cumple hasta reducir a la sustancia hasta la molécula y el átomo, pero no se cumple, cuando se trabaja con partículas subatómicas.

Esas propiedades intensivas que desaparecían al trabajar a nivel subatómico reaparecen al trabajar con unos pocos átomos y moléculas. Es decir, con materiales de dimensiones comparables a las de los átomos, reaparecen las propiedades intensivas, pero, son distintas que en cantidades mayores de la misma sustancia. Cuando un material tiene alguna dimensión nanométrica (que va desde 1 a 100 nanómetros), por ejemplo, su espesor, sus propiedades intensivas cambian. (Silvestri., 2014)

El diseño, preparación y estudio de los materiales que exhiben interesantes propiedades químicas, físicas o espectroscópicas, son áreas activas de investigación en la actualidad. La búsqueda en esta área no es solo para compuestos que se comportan como materiales clásicos, sino también, para producir sistemas que puedan exhibir nuevas (combinaciones de) propiedades. Mediante una elección juiciosa de los bloques de construcción, uno puede combinar, en el mismo marco de bloques, dos o más propiedades que son difíciles de lograr en un sistema monofásico.

Las nanopartículas (NPs) metálicas son de gran interés científico, porque sirven de puente entre los materiales volumétricos y las estructuras atómicas o moleculares. De hecho, en contraste con metales a gran escala, que muestran propiedades físicas constantes independientemente de su tamaño, las nanopartículas muestran estructuras electrónicas debido a reglas de la mecánica cuántica y muestran propiedades que no son las del metal a gran escala, ni las de los compuestos moleculares. Las características de las nanopartículas dependen significativamente de su tamaño y forma. Otra característica interesante de las nanopartículas depende de sus propiedades superficiales, dado que a medida que el material toma dimensiones nanométricas, mayor porcentaje de átomos quedan en la superficie. (Haick 2007)

### 1.1 Sensores primarios

Las magnitudes físicas tratadas con sistemas electrónicos se deben convertir en señales eléctricas, como primer paso en el proceso de captación. Los transductores son los dispositivos encargados de llevar a cabo esta transformación. Los transductores incluyen siempre un componente o componentes sensibles (receptor) que reaccionan frente a la magnitud a medir o detectar proporcionando una primera señal eléctrica representativa de aquella, que usualmente precisa de algún tipo de tratamiento analógico (amplificación, adaptación de impedancias, etc.). Estas células sensibles son los denominados **sensores o captadores**.

Los sensores aprovechan frecuentemente las propiedades de ciertos materiales que se convierten en generadores de señal en presencia de determinadas excitaciones (termopares, cristales piezoeléctricos, etc.). En otros casos, se recurre a utilizar elementos de circuito pasivos (resistencias, condensadores, etc.) cuyos valores varían en función de la magnitud a convertir y, en definitiva, los circuitos que forman parte generan señales eléctricas equivalentes a dicha magnitud.

#### Aspectos Generales de los Sensores

El término transductor a menudo se utiliza en forma intercambiable con el término sensor. La Sociedad de Instrumentación Americana (Instrument Society of America (ISA)), define un sensor como sinónimo de transductor. Esta definición aparece publicada como Standard S37.1 en 1982 (ISA, 1982). Esta norma, Electrical Transducer Nomenclature and Terminology, define un transductor (sensor) como un dispositivo que proporciona una salida útil en respuesta a una excitación específica. Una magnitud medible se define como una cantidad física, propiedad o condición medible. Una respuesta se define como una cantidad eléctrica. Esta definición es específica a un transductor eléctrico. Sin embargo, en un sentido amplio, un transductor puede tener una respuesta que puede definirse como una cantidad física, propiedad o condición. Se puede dar la siguiente:

*Un transductor es un dispositivo o sistema que produce una señal eléctrica la cual es función de una magnitud de entrada utilizando componentes sensibles que se comportan como elementos variables o como generadores de señal.* (Avendaño)

Una definición moderna de sensores incluye los siguientes requisitos:

- Estar en contacto directo con el sujeto investigado.
- Transformar la información no eléctrica en señales eléctricas.
- Responder rápido.
- Operar continuamente o, al menos, en ciclos repetidos.
- Ser pequeño.
- Ser económico.

#### Clasificación de sensores

- Sensores ópticos
- Sensores químicos
- Sensores electroquímicos
- Sensores sensibles a la masa
- Biosensores

### 1.2 Nanosensores

Los nanosensores (elementos muy pequeños captadores de variaciones en el material y desarrollados con nanotecnologías), que se instalan embebidos en materiales no metálicos, con la finalidad de obtener información sobre el comportamiento de los mismos, ante diversos estímulos exteriores. Luego, esta información se transmite a un sistema encargado de la gestión de estos eventos.

Esta tecnología, pionera en los denominados “materiales inteligentes” que constituyen una innovación importante en la ciencia de materiales, abre la posibilidad de tener información en tiempo real sobre el comportamiento del material ante diversas contingencias no previstas. [5]

El descubrimiento y desarrollo de nuevos nanomateriales, y la evolución en el control y conocimiento de sus propiedades a esta escala, hacen que estos nuevos compuestos presenten un enorme potencial en el campo de los materiales funcionales, disponiendo cada vez de un mayor número y variedad de aplicaciones.

Así, se ha conseguido ya diseñar:

- Biosensores para la detección de determinados compuestos químicos como proteínas, mediante el uso de nanopartículas de oro con núcleo de sílice y aptómeros específicos.
- Sensores de ADN para la detección de bacterias y otros compuestos, lo que supone un enorme adelanto médico en la detección de enfermedades.

- Sensores de parámetros físicos de dimensiones nanométricas, como el termómetro basado en nanotubos de carbono rellenos de galio.
- Sensores químicos de diversa índole para multitud de aplicaciones en campos como el de la alimentación, el control ambiental y de la contaminación o el ámbito médico-diagnóstico.
- Nanosensores de Ozono. (La red de nanosensores, 2010)
- Biosensores desde entonces ha estado centrado principalmente en el campo del diagnóstico clínico (con un gran éxito de los biosensores para glucosa).
- En el campo agroalimentario, su interés se centra en el análisis de la composición de los alimentos, en la seguridad alimentaria (detección de compuestos contaminantes, alérgenos, antinutrientes, toxinas y microorganismos patógenos). (González et al., 2005)
- Detección de productos químicos transportados por el aire.
- Medición de la temperatura de células vivas.
- Medición de temperatura de nanofluidos. (Omega)

El número de publicaciones científicas, revisiones y patentes sobre biosensores desarrollados en los últimos años es muy elevado, lo que refleja el gran interés que despierta este tema en la comunidad científica. (González et al., 2005)

### 2 NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AGNPS): CARACTERÍSTICAS, PROPIEDADES Y APLICACIONES.

Las nanopartículas (NPs) de metales, de óxidos metálicos o de compuestos basados en metales (como pueden ser las AgNPs) muestran interesantes propiedades biológicas, ópticas, magnéticas, electrónicas y catalíticas que, en general, se relacionan con su tamaño, forma, composición, cristalinidad y estructura de la partícula, pudiendo ser interesantes desde el punto de vista de su aplicación práctica.

La presencia de electrones libres en la banda de conducción de la superficie de las nanopartículas metálicas que reciben un haz de luz incidente, induce una excitación colectiva de estos electrones libres, como consecuencia de la fuerte interacción con la luz incidente; se produce una oscilación coherente deslocalizada de los electrones confinados en la superficie de las

nanopartículas metálicas, en la interfaz metal-dieléctrico o metal-semiconductor; la excitación electromagnética se llama polaritón del plasmón de superficie; el polaritón es una casi-partícula híbrida resultante del fuerte acoplamiento entre la luz y los electrones libres en la superficie de una NP. Para determinadas frecuencias de la energía incidente, se produce un acoplamiento entre las frecuencias de la onda incidente y de la oscilación del polaritón; este fenómeno se llama resonancia del plasmón de superficie y tiene la capacidad de absorber determinadas frecuencias de la luz incidente y de transmitir las frecuencias no absorbidas que se asocian a un determinado color.

### 2.1 Quitosano

El quitosano es un polímero natural biocompatible, biodegradable y no tóxico. Es el derivado principal de la quitina; el segundo polisacárido de mayor abundancia en la biosfera después de la celulosa, es soluble en soluciones acuosas de algunos ácidos y tiene un amplio espectro de aplicaciones. La combinación de un polímero natural como el quitosano y las nanopartículas de plata resulta ampliamente atractiva debido a la capacidad antibacterial que poseen ambos componentes de forma individual y de la posibilidad de generar un compuesto biodegradable y biocompatible, comúnmente denominado bionanocompuesto. La incorporación de nanopartículas de Ag al quitosano permite aumentar su conductividad, mejorar sus propiedades mecánicas y a la vez potenciar su efecto antibacterial, con lo que es posible ampliar su espectro de aplicación específicamente en aquellas aplicaciones donde la higiene es un factor clave, tal es el caso del campo de la biomedicina. Otras aplicaciones muy atractivas actualmente incluyen biosensores, celdas combustible electrolíticas, partes electrónicas, etc. (González et al., 2012)

## 3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Como material de interés para la obtención de las Nanopartículas se tiene el Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ) comprado de Sigma-Aldrich. Como agente reductor se tiene Chitosan del cual se tomó 0,3 g disueltos en 1% de ácido acético seguido de agitación por 30 min. Se añadieron 3 mL de 0,1 M de  $\text{AgNO}_3$  recién preparado y luego se agrega 100  $\mu\text{L}$  de 1M de Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ). La solución se deja en agitación magnética durante 1 hora y 15 minutos a una temperatura de  $90^\circ\text{C}$ . La solución que inicialmente era incolora, toma un color amarillo claro y finalmente marrón amarillento. Esto indica la formación de las NPs de Ag.

### 3.1 Caracterización de las NPs Ag

Análisis espectral UV-visible Se observó un pico de absorción de Ag NPs sintetizado en el espectrofotómetro UV-visible (Shimadzu (UV 2500), Japón). El espectro de espectrofotometría UV-visible fue de 300 nm a 700 nm.

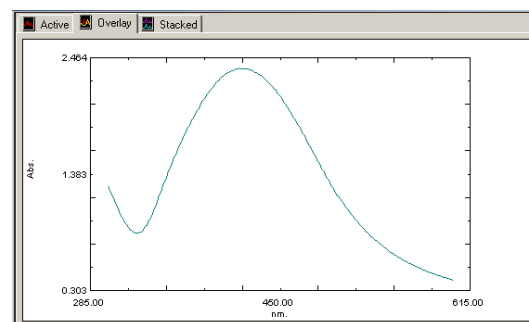


Fig. 2. Nanopartículas de Plata reducidas con Chitosan.

En la Figura 1, se observa el espectro de absorbancia de las AgNPs, donde la banda de absorción se localiza a 415 nm que es característico de las mismas. La emisión de un pico a 400 nm corresponde a AgNPs de menos de 5 nm de diámetro, mientras que, si el pico de absorción se desplaza a 420 nm, el tamaño predominante de las AgNPs es de alrededor de 20 nm (Sánchez, 2017).

## 4. CONCLUSIONES

En conclusión, hemos logrado la obtención de nanopartículas de Plata mediante un protocolo que busca reducir el consumo de reactivos contaminantes al reemplazarlos por materias que logren el mismo efecto sin dañar el medio ambiente, además, al ser el chitosan un biopolímero permite la funcionalización de las nanopartículas, lo cual mejora las propiedades superficiales para la unión de biomoléculas y su posible uso en ramas como la medicina y afines.

## REFERENCIAS

- Silvestri S., (2014). "Nanotecnología hoy: El desafío de conocer y enseñar". Ciudad autónoma de Buenos Aires.
- Haick H. (2007). "Chemical sensors based on molecularly modified metallic nanoparticles".
- International Society of Automation. (1982) "Electrical Transducer Nomenclature and Terminology".

- Avendaño L., “*Fundamentos de instrumentación*”.
- Rincon M., Roble J., (2010). “*Sistemas de nanosensores para materiales inteligentes*”. Chile.
- Cuadernos técnicos de la calidad del aire en castilla-la Mancha- la red de nanosensores en la red de nanosensores en castilla castilla-la Mancha, Mayo de 2010.
- González V., García E., Ruiz O. y Gago L. (2005). *Aplicaciones de biosensores en la industria agroalimentaria*, CEIM Dirección General de Universidades e Investigación, Madrid.
- González B., del Río R., Prokhorov E., Luna-Bárcenas J. (2012). *Compuestos de quitosano/nanopartículas de Ag: conductividad y mecanismos de relajación y su relación con sus propiedades macroscópicas*. México.
- Sánchez M., M. 2017. “*Nanopartículas de plata: preparación, Caracterización y propiedades con Aplicación en inocuidad de los Alimentos.*”