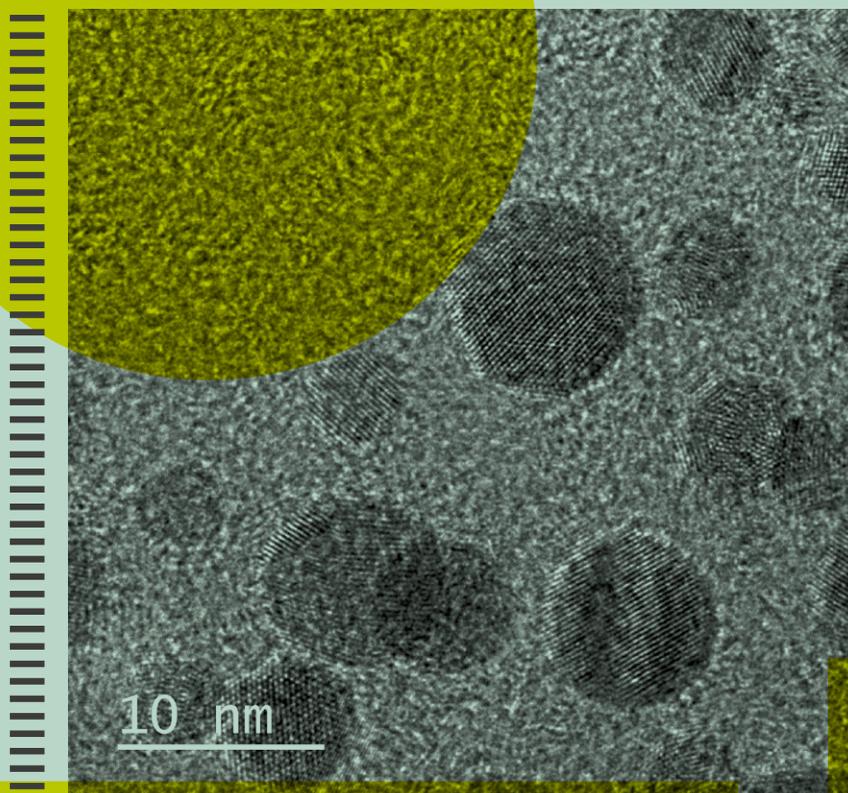


Plata antimicrobiana



Microfotografía de nanopartículas de plata, lograda con el microscopio electrónico de transmisión —TEM— de la Sede de Investigación Universitaria de la UdeA. **Imagen** | Grupo GIEM, línea Electroquímica.

La plata, metal usado por la humanidad desde la antigüedad y asociado a mitos y religiones, no solo sirve para matar hombres lobo; las nanopartículas de este metal pueden combatir un enemigo bastante más peligroso y real: bacterias, virus y hongos nocivos.

Lucas Blandón Naranjo

Químico, doctor en Ciencias Químicas.
Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares —GIEM—, Línea Electroquímica.
Universidad de Antioquia.

Por qué si se llama plata si en la tabla periódica su símbolo químico es Ag? Resulta que este elemento químico tiene tanto tiempo de haber sido descubierto, que su nombre no está asociado a un apellido, ciudad o país (como es el caso de otros más «nuevos» como el francio, el curio o el einstenio). El símbolo químico de la plata proviene de la palabra latina *argentum*, palabra que a su vez se deriva de una raíz indoeuropea que significa brillante. Ahora, es precisamente ese brillo característico de la plata lo que le ha dado a este elemento químico una relevancia histórica considerable, tanto así que incluso se menciona en el libro bíblico del Génesis —23:15— en una conversación sostenida entre Efron y Abraham, en la que se utilizó este metal como moneda de cambio tal y como acostumbraban los mercaderes de la época.

Muchas culturas relacionan este metal con la Luna, así como asocian el oro con el Sol. Debido a su brillo y a su maleabilidad, se ha utilizado desde la antigüedad en el arte de la orfebrería, aunque en el siglo xx fue más común su utilización en la industria fotográfica. Además de estas aplicaciones, la plata se utiliza en dispositivos electrónicos gracias a su alta conductividad eléctrica, en dispositivos ópticos por su particular interacción con la luz (prueba de esto es su color plateado característico) y en el campo de la medicina dada su alta actividad antimicrobiana.

Las últimas décadas vieron surgir también la nanociencia y la nanotecnología como áreas del conocimiento encargadas de estudiar el comportamiento de diferentes materiales, a escala nanométrica (10^{-9} m). La plata no es ajena a esta tendencia, y es así como sus propiedades a estas diminutas escalas han sido objeto

de estudios en campos como la electrónica, la óptica, la biología, la microbiología, la catálisis y la medicina; y aunque la tendencia a estudiar estas particulares propiedades data de los últimos 20 años, sabemos que ya habían sido exploradas.

El uso de este metal a escala nanométrica no es precisamente un invento actual. Como ejemplo, la copa de Licurgo —Roma, siglo iv—, fue construida con «vidrio dicróico». Esta copa, que en la oscuridad presenta un color verde opaco, produce un color rojo traslúcido que brilla intensamente cuando la luz interacciona con ella. Al realizar estudios detallados, los científicos descubrieron que el vidrio dicróico se había fabricado con un contenido pequeño de nanopartículas de plata —Ag-NPs— que le confieren esta característica, la cual, para la época, pudo haberse relacionado con cualidades divinas o mágicas.



El uso de la plata en la medicina data de décadas —y hasta siglos— atrás, cuando se usaron sales del metal como la sulfaplata —sulfadiazina de plata, $C_{10}H_9AgN_4O_2S$ — para tratar infecciones causadas por quemaduras, pero las características del metal se ven potenciadas cuando este elemento se encuentra en escala

Copa de Licurgo, elaborada en el Imperio Romano en el siglo iv e. c., varía de color según la luz que reciba gracias a la presencia de nanopartículas de plata en el vidrio.
Foto | Museo Británico.

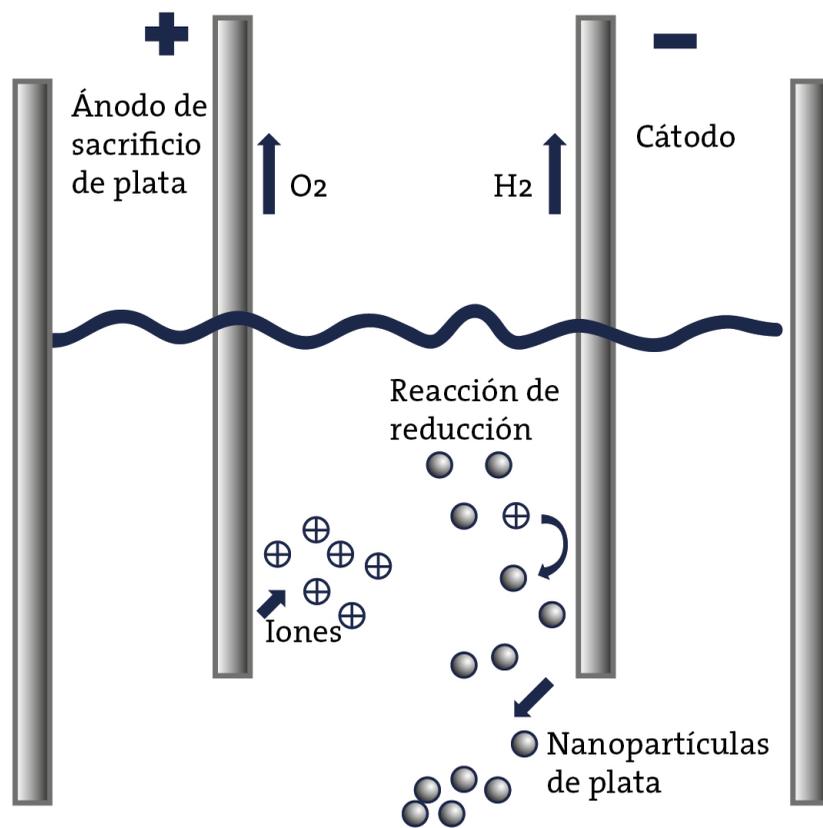
nanométrica. La mayoría de las aplicaciones en medicina y microbiología giran en torno al diseño de dispositivos que contienen plata, con el fin de fabricar materiales antimicrobianos que permitan evitar infecciones en ambientes hostiles como quirófanos, plantas de tratamiento de materia orgánica y hospitales.

En la preparación de las nanopartículas se utiliza nitrato de plata — AgNO_3 —, una sal muy soluble en agua que se ha empleado como antiséptico por vía tópica para el tratamiento de quemaduras y heridas con alto potencial de infección. Este compuesto se pone en contacto con un agente reductor que le cede electrones a los iones plata para que estos reduzcan los cationes plata — Ag^+ —, que son átomos de plata positivamente cargados, a plata cerovalente — Ag^0 —, sin carga. De-

pendiendo del agente reductor y de las condiciones de reacción, es posible fabricar nanopartículas de plata con diferentes morfologías: esferas, agujas, cilindros y otros.

Un método alternativo a esta síntesis es la vía electroquímica. En este método, se aplica una diferencia de potencial a un circuito eléctrico compuesto por un electrodo de plata, que hace las veces de polo positivo —ánodo— y un electrodo de un material de baja reactividad, como platino o acero inoxidable, que hace las veces de polo negativo —cátodo—. Este es uno de los métodos utilizados en el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares —GIEM— de la Universidad de Antioquia para la fabricación de AgNPs con fines antimicrobianos.

A las nanopartículas de plata sintetizadas mediante esta metodología



Las nanopartículas de plata se fijan sobre una superficie con métodos electroquímicos. **Imagen | GIEM**

se les evaluó su actividad antimicrobiana usando la bacteria *Escherichia coli* como microorganismo modelo. Dicha investigación probó que las AgNPs pueden inhibir el crecimiento de *E. coli* a concentraciones inferiores a un miligramo por litro, valor comparable con antibióticos comunes usados para tratar infecciones de este microorganismo.

Aunque las AgNPs mostraron una buena actividad antimicrobiana, desde el punto de vista práctico es necesario hallar una manera de facilitar su contacto con los microorganismos y, además, prevenir que el material pueda liberarse al ambiente, en donde eventualmente podría causar problemas de contaminación. Esta estrategia se conoce como inmovilización, y no solo favorece el contacto, sino que permite que el material pueda recuperarse y reutilizarse para posteriores aplicaciones.

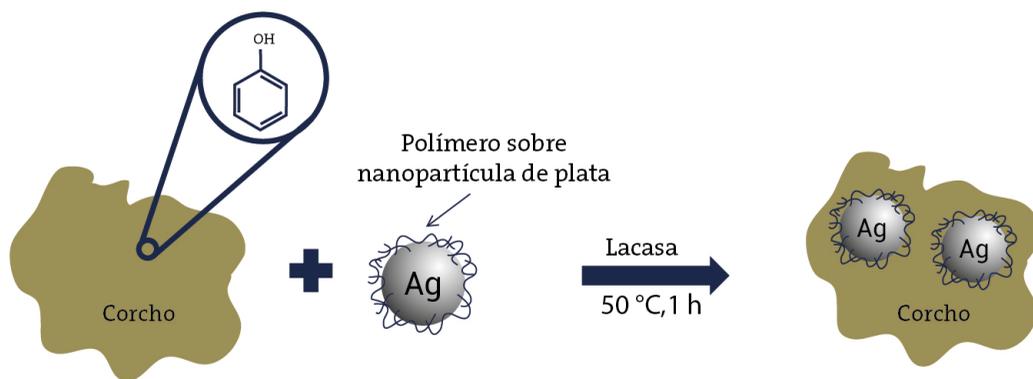
Los procesos de inmovilización se basan en la modificación superficial de las nanopartículas que buscan hacerlas compatibles con el sustrato sobre el que se desea inmovilizar. Los trabajos *Síntesis electroquímica de nanopartículas de plata en presencia de un surfactante neutro* y *Evaluación catalítica y antimicrobiana de nanopartículas de plata*, realizados en el GIEM, mostraron que es posible incorporar moléculas compatibles en el medio de síntesis, que interaccionen con la superficie de las nanopartículas, las estabilicen en suspensión y les permitan posteriormente ser inmovilizadas. Estas moléculas compatibles deben cumplir con algunos criterios de acuerdo con la aplicación deseada: ser biodegradables, biocompatibles, tener baja toxicidad y garantizar la estabilización de las AgNPs. La selección de este tipo de sustancias se hace también en función del material sobre el cual se desea inmovilizar las nanopartículas.

Es así como, en una investigación conjunta realizada entre el GIEM de la Uni-

La plata se utiliza en dispositivos electrónicos gracias a su alta conductividad eléctrica, en dispositivos ópticos por su particular interacción con la luz y en el campo de la medicina dada su alta actividad antimicrobiana.

versidad de Antioquia y los grupos GBMI y AQUASOST de la Universidad Politécnica de Cataluña, se inmovilizaron AgNPs sobre un sustrato conocido: el corcho. En el mundo se producen 340 000 toneladas de corcho al año, que se destinan principalmente a la fabricación de tapones para la industria del vino. Este material, proveniente de la corteza del alcornoque, tiene otras aplicaciones; gracias a su morfología y a su composición química, que incluye biopolímeros como lignina —que conforma buena parte de las maderas—, suberina y polisacáridos, puede ser usado como material adsorbente de contaminantes y como soporte para la inmovilización de nanopartículas de plata.

Para dicha inmovilización, las AgNPs son modificadas superficialmente con un biopolímero llamado quitosano, que se extrae del caparazón de crustáceos y está compuesto por cadenas de «azúcares» que, eventualmente, tienen enlazados grupos amino $\text{—NH}_2\text{—}$. Por



Fijación de nanopartículas de plata sobre corcho
Imagen | GIEM.

Las nanopartículas de plata mostraron una buena actividad antimicrobiana, pero desde el punto de vista práctico es necesario hallar una manera de facilitar su contacto con los microorganismos.

otra parte, y como se mencionó antes, el corcho está compuesto por lignina, que es un biopolímero estructural con grupos funcionales aromáticos conocidos como fenoles. Para realizar la inmovilización, se buscó que los grupos NH_2 del quitosano reaccionaran con los grupos fenol presentes en el corcho, y para que esta reacción se llevara a cabo, fue necesaria la incorporación a la reacción de una enzima llamada lacasa.

Al material híbrido generado mediante esta reacción —Corcho-AgNPs— se le evaluó su actividad antimicrobiana frente a las bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*; se mostraron reducciones de hasta 99.6 y 100 %, respectivamente, en la población de microorganismos. Una alta efectividad.

De esta investigación se derivaron otros estudios, realizados por la Universidad de Cataluña, ya no en el área específica de la medicina sino en áreas relacionadas con la salud pública. En estas se desarrollaron prototipos de filtros con lechos de este material con potencial aplicación en la desinfección de aguas contaminadas con microorganismos patógenos.

Si bien la plata presente en este tipo de dispositivos no brilla a simple vista, como lo indica su nombre, su aplicación en el campo de la medicina sí brilla con luz propia. ✕