

COPA DE LICURGO: CUANDO CIENCIA Y ARTE SE DAN LA MANO PARA HACER HISTORIA

José María Oliva Montero

Resumen—La copa de licurgo, expuesta en el Museo Británico, data del siglo IV después de Cristo. Su talla en relieve representa la mitológica leyenda del rey Licurgo y el triunfo de Dionisio sobre este. Pero en su interior esconde algo más que leyendas, los secretos de lo que se considera el cristal técnicamente más sofisticado antes de la Era Moderna.

Palabras Claves— Nanotecnología, dicroísmo, SPR, biosensor.

1. INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es probablemente uno de los mayores hitos de las últimas décadas. La explosión tecnológica ha permitido al hombre moderno trabajar con sistemas entre cien y mil millones de veces más pequeños que un metro; donde los materiales cobran propiedades particulares. Pero el comienzo de la nanotecnología data, al menos, desde hace 1700 años y la copa de Licurgo es la prueba de ello

2. LA COPA Y LA LUZ

El cristal de la copa tiene propiedades dicroicas; refleja la luz verde y transmite la luz roja (Fig.1). ¿Pero a qué se debe esto?

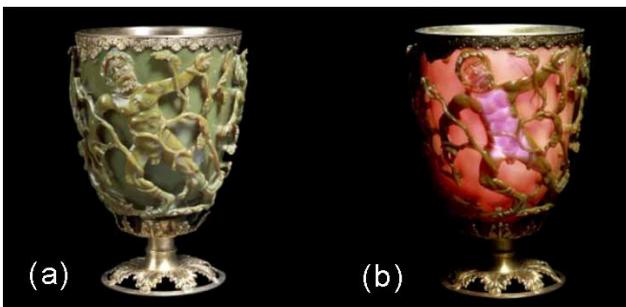


Figura 1. Copas de licurgo bajo luz reflejada (a) y luz transmitida (b)¹

El análisis químico de la copa ofrece la siguiente composición: sosa-cal-sílica (al igual que la mayoría de los cristales desde la época romana a nuestros días), 0.5% manganeso, trazas de otros elementos como antimonio, aproximadamente 40 ppm de oro y 300 ppm de plata.

La microscopía electrónica de transmisión reveló la presencia de nanopartículas de entre 50 y 100 nm. El análisis de rayos X determinó la composición de las mismas; oro y plata en proporción 7:3.

Estas minúsculas partículas son las responsables de las propiedades ópticas del cristal. Cuando la luz incide en

pequeñas nanopartículas metálicas es capaz de excitar a la nube de electrones de manera colectiva, originando oscilaciones dipolares que decaen en escalas de tiempo entre 10-100 femto-segundos (Fig.2). Este movimiento recibe el nombre de resonancia de plasmón de superficie localizado (LSPR por sus siglas en inglés).

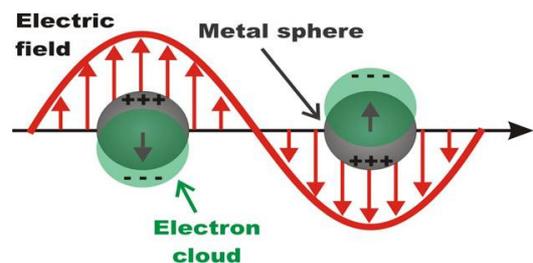


Figura 2. Oscilaciones del campo eléctrico sobre la superficie de nanopartículas metálicas; conocido como resonancia plasmónica²

Esta interacción con la luz produce diferentes colores dependiendo de la composición, forma y tamaño de las nanopartículas. Esto explica el verde de la copa, debido a las nanopartículas de plata y el rojo a las de oro.

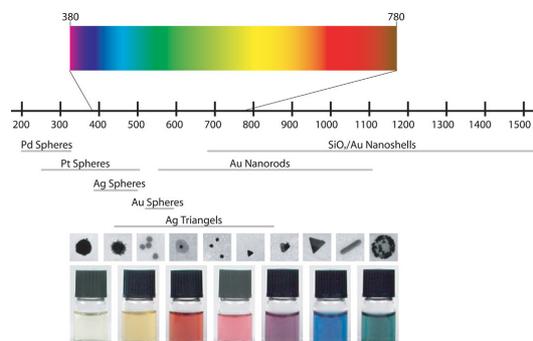


Figura 3. Longitud de onda (color) que emiten las nanopartículas según el material, tamaño y forma de las mismas³

Pero lo más asombroso de esta copa es observar las condiciones necesarias para su fabricación: El color depende de la concentración precisa de nanopartículas, y a su vez estas de la proporción de plata y oro (7:3). Se piensa que es el antimonio (usando en la época como decolorante y opacificante del vidrio), presente en una proporción del 0.3%, el agente reductor necesario para la formación de las nanopartículas. El potencial de oxidación/reducción de las diferentes especies que componen la muestra son clave para la reducción del oro y la plata y, consecuentemente, la formación, morfología y tamaño de las nanopartículas resultantes. La temperatura para moldear el vidrio y reducir los metales así como la atmósfera del proceso también se presumen claves.

3. DE LA PROPIEDAD A LA APLICACIÓN

El plasmón confiere a las nanopartículas metálicas una extrema sensibilidad al ambiente local, provocando cambios en su índice de refracción (RI). La aplicación de dicha propiedad, que no es más que una sofisticada evolución de la copa de licurgo, permite usarlas como excelentes biosensores. Esta propiedad brinda la posibilidad de, por ejemplo, cuantificar la unión y cinética antígeno-anticuerpo, medir la concentración de ligandos o incluso determinar el peso molecular del metabolito unido.

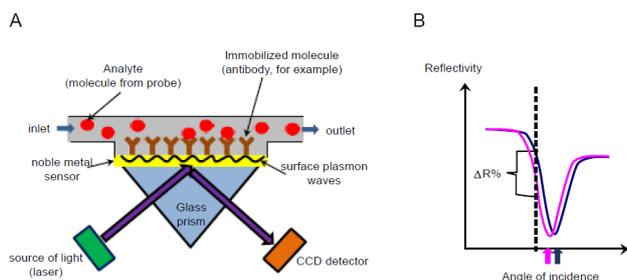


Figura 4. Esquema del experimento de (SPR). Prisma de vidrio recubierto con una capa de metal noble (generalmente oro) sobre el que se inmovilizan moléculas de reconocimiento (A). El ángulo de incidencia del haz láser es recogido por el detector (B)⁴.

La figura 4 muestra una de las posibles configuraciones de los sensores basados en las propiedades ópticas de las nanopartículas de oro y plata. El proceso se lleva a cabo haciendo pasar un haz de luz láser sobre un prisma en el que está depositada una nanosuperficie de oro en la que se encuentran ancladas moléculas de reconocimiento altamente específicas (generalmente anticuerpos). La unión a un ligando específico modifica el ángulo de incidencia del haz de luz refractado sobre el detector.

4. CONCLUSIONES

Dicho esto solo queda añadir un pensamiento. "Quizás la ciencia no sea más que el arte al servicio del conocimiento, en pos de la evolución humana".

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía (FQM-6615) su beca predoctoral.

REFERENCIAS

- [1] Ian Freestone et al. The Lycurgus Cup- A Roman Nanotechnology. Gold Bulletin. 2007, 40/4.
- [2] A. Fernández, M.A. Muñoz-Márquez. El color en los nanomateriales: Metales. ICMS-CSIC.
- [3] Kerstin Schröder and Andrea Csáki. Plasmonic tuning of optical fibers for biosensing. SPIE. (2011).
- [4] Shpacovich Victoria. Application of Surface Plasmon Resonance (SPR) for the Detection of Single Viruses and Single Biological Nano-objects. J Bacteriol Parasitol. 2012, 3:7.



José María Oliva Montero es licenciado en Farmacia por la Universidad de Sevilla, en la que está finalizando también su licenciatura en Bioquímica. Actualmente realiza su doctorado en el laboratorio de Nanotecnología de la Universidad Pablo de Olavide, bajo la dirección de la Dra. Zaderenko. En su proyecto de Tesis aborda el diseño y optimización de nanofármacos destinados a la terapia antitumoral selectiva.