

## **WP 3.2: Síntesis de puntos cuánticos de carbono y aplicaciones en biomedicina**

En este paquete de trabajo se iniciaron dos actividades durante la primera anualidad, las actividades 3.2.1 y la 3.2.2 que finalizaron en 2020 y dos actividades durante la segunda anualidad la 3.2.3 y 3.2.4 que finalizaron en 2021, y que no se describen de nuevo en esta memoria. Durante este año, hemos obtenido resultados muy satisfactorios en uno de los objetivos fundamental del proyecto, el desarrollo un sensor de fluorescencia basado en puntos cuánticos de carbono, fabricados a partir de polvo de carbono con un láser pulsado. En particular, en la actividad 3.2.5 que se describe a continuación, se corresponde con la tarea T 3.2.4 de la memoria científica y nos sitúan alineados con el cronograma propuesto en la memoria.

Las actividades desarrolladas hasta la fecha en este paquete de trabajo son las siguientes:

**Actividad 3.2.1.** Síntesis de heterouniones de semiconductores. Completada en el 2020

**Actividad 3.2.2.** Desarrollo de un sistema virucida contra el COVID-19. Completada en el 2020.

**Actividad 3.2.3.** Fabricación de puntos cuánticos de carbono en agua. Completada en el 2021.

**Actividad 3.2.4.** Redes plasmónicas de oro nanométrico ensambladas por pinzas optoelectrónicas fotovoltaicas. Completada en el 2021

**Actividad 3.2.5. Desarrollo de un sensor óptico con puntos cuánticos de carbono.**

El material de partida que usamos para realizar el sensor son puntos cuánticos de carbono (CQD) fabricados siguiendo el procedimiento explicado en la actividad 3.2.3 de la memoria. A modo de resumen, se irradia con un láser pulsado "carbon black" (o carbono de combustión) mediante un proceso de fabricación en dos etapas. Primero, se fabrican los CQDs mediante un proceso de fotofragmentación del "carbon black" en un disolvente orgánico (propanol, etanol, etc) y, a continuación, se añade el agua y se continúa durante un tiempo el proceso de irradiación. De esta forma, los CQD así generados son hidrofílicos, y poseen una fluorescencia elevada.

Posteriormente, se pasa al proceso de funcionalización de la molécula con el objetivo de que funcione como sensor de un compuesto específico. Para ello inicialmente se modifica químicamente la superficie de los CQD para aumentar los grupos funcionales ricos en oxígeno como el hidroxilo (-OH) y grupos carboxílicos (-COOH). En concreto, en nuestros sensores estamos interesados en el grupo carboxílico ya que reacciona con biomarcadores que presenten el grupo amina (-NH<sub>2</sub>) para formar amidas (-CONH<sub>2</sub>) que sirven de sostén de los mismos. En nuestras primeras pruebas hemos realizado un sensor para detectar glucosa, para lo que utilizamos como biomarcador elementos derivados del ácido borónico. El ácido borónico puede formar un éster de boronato cíclico con 1,2- y 1,3-dioles mediante enlaces covalentes que los convierten en un receptor de molécula de glucosa apropiado al uso de CQD como sonda fluorescente.

Se han realizado distintas pruebas con distintos tipos de ácido borónico y los resultados presentados en esta memoria se corresponden a la funcionalización realizada con 3-Ácido aminofenilborónico (3APBA) usando N-etil-(3-Dimetilaminopropil)-N'-carbodiimida (EDC) y Nhidroxisulfosuccinimida (NHS) como reactivos de acoplamiento. Los CQD funcionalizados con 3APBA exhiben una fuerte emisión en el azul con un máximo centrado en los 400 nm. La fluorescencia de CQDs/3APBA después de unirse covalentemente con la glucosa muestra una respuesta decreciente, como se observa en la figura 13. Las imágenes de microscopio electrónico muestran los CQD/3APBA con y sin glucosa, figura 13 b) y c), respectivamente. Se observa que la glucosa hace que se unan entre ellos provocando el cambio en la fluorescencia. Para valorar si los CQDs/3APBA son buenos candidatos para la determinación de glucosa en fluidos fisiológicos y en diagnóstico clínico, hemos realizado un estudio de la selectividad con otros sacáridos como sacarosa, maltosa y lactosa y otras sustancias que podrían interferir en la medida, como el cloruro de sodio (NaCl), con concentraciones que son una dilución con un factor 10 de las correspondientes al suero humano, ver figura 13 d). Se observa que estos elementos no tienen un efecto significativo en la fluorescencia salvo una cierta interferencia con la fructosa que trataremos de ver si se puede resolver en la siguiente anualidad.

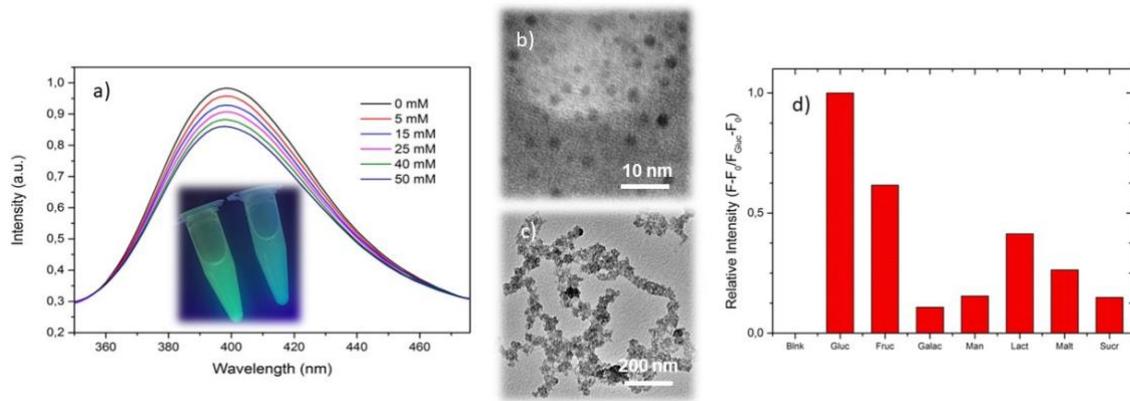


Figura 13. a) Señal de fluorescencia de los CQD/3APBA a 400 nm con una señal de excitación de 300 nm para distintas concentraciones de la glucosa. La foto muestra la variación de señal de fluorescencia en una muestra con y sin glucosa. b) Imagen con el microscopio electrónico de transmisión de los CQD/3APBA, c) misma imagen cuando a la muestra se le ha añadido glucosa. d) Test de selectividad del sensor con distintos elementos presentes en el suero de la sangre humana a una concentración diluida en un factor 10.

Los primeros resultados de este trabajo han sido presentados en el Encuentro Ibérico de estudiantes de óptica (IMOS) celebrado en Aveiro (Portugal) en junio de 2022 y en el 25<sup>th</sup> Congress of the International Commission for Optics (ICO) celebrado en Dresden (Alemania) en septiembre 2022.