

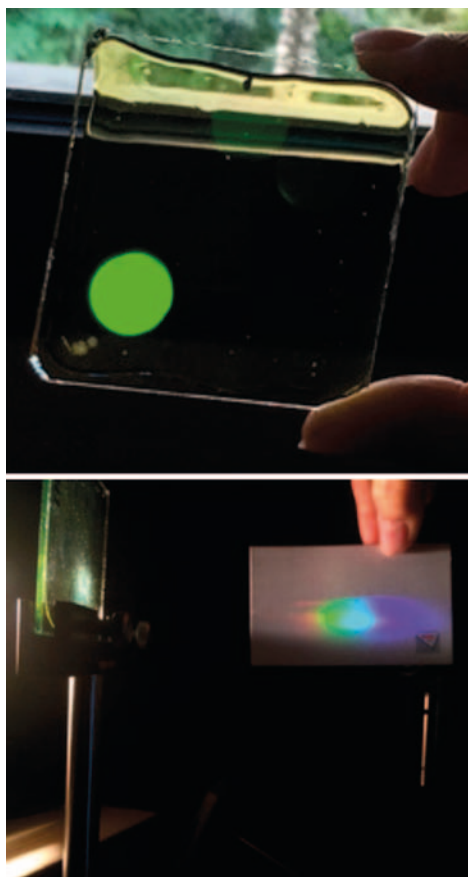
Puntos de interés

Descripción breve y sencilla de iniciativas docentes en nuestros colegios e institutos que han de ser resaltadas, de investigaciones relevantes de autores españoles o de extranjeros en instituciones españolas, y de otros hechos interesantes sobre ciencia y enseñanza, políticas educativa y científica y sus actores¹

CARACTERIZACIÓN DE LENTES HOLOGRÁFICAS MEDIANTE UN SENSOR HARTMANN SHACK

Este año 2020 se cumplen 60 años desde que el físico norteamericano Theodore Maiman desarrollase y comercializase el primer láser práctico y operativo, el láser de rubí. Este hecho permitió el desarrollo y el auge de la holografía, no sólo en el campo de la óptica, sino en multitud de áreas, como la biomedicina, la ingeniería e incluso el arte. Durante las últimas décadas la holografía ha evolucionado notablemente, pues **cada vez son más las aplicaciones en las que la técnica holográfica está presente, entre las que podemos destacar los elementos ópticos holográficos**, que son elementos ópticos fabricados a partir del proceso holográfico. A pesar de que su funcionamiento se basa en el fenómeno de difracción, pueden simular la función de elementos ópticos convencionales, cuyas aplicaciones están basadas en fenómenos como la refracción o la reflexión. Entre los elementos ópticos holográficos destacan las lentes holográficas, que son hologramas de puntos objeto situados a cierta distancia del material de registro. Las lentes holográficas presentan una serie de ventajas respecto a las lentes refractivas convencionales. Dichas ventajas se pueden resumir en un reducido peso y volumen, sencilla forma de fabricación, y alta versatilidad a la hora de acoplar la lente holográfica a algún sistema óptico pues la forma física de la lente holográfica es la capa del material de registro.

En un artículo publicado en la revista *Polymers* (DOI: 10.3390/polym12040993), un grupo de investigadores de la Universidad de Alicante dirigido por la Prof.^a Inmaculada Pascual y con la participación del estudiante de doctorado Tomás Lloret han utilizado un **sensor frente de onda Hartmann-Shack para caracterizar**



dos tipos de lentes holográficas, una fabricada con geometría simétrica y otra asimétrica.

Tal y como señala Tomás Lloret, en el trabajo se emplearon **diferentes métricas para determinar y cuantificar las aberraciones de las lentes holográficas** (coeficientes de Zernike, coeficientes de Seidel, tolerancias de Marechal, RMS, peak to valley, fracción pupila crítica), **y la calidad de la imagen proporcionada** (razón de Strehl, entropía, frecuencia de corte, MTF y área bajo la MTF). Además, obtuvieron



Ilustración por gentileza de Alberto García Gómez (albertogg.com).

un buen acuerdo entre las métricas y la calidad óptica de las lentes holográficas. Las lentes que mostraron menor cantidad de aberración, y por lo tanto, mayor calidad óptica y de imagen, fueron las lentes negativas con geometría asimétrica.

La elección del material de registro utilizado para la fabricación de las lentes holográficas es una decisión importante, ya que las aberraciones pueden estar influenciadas por éste. Las últimas tendencias en materiales holográficos incluyen fotopolímeros de baja toxicidad, compatibles con el medio ambiente y que posean buenas propiedades de reciclado. El grupo de la Prof.^a Pascual ha desarrollado un fotopolímero de baja toxicidad denominado Biophotopol para el registro de elementos ópticos holográficos como las lentes holográficas descritas y que puede ser extensivo a un amplio rango de aplicaciones.

“Los resultados de este trabajo tienen un gran interés por las posibles aplicaciones de las lentes holográficas, pues dependiendo del dispositivo óptico en el que se requieran incorporar y la aplicación para la cual el elemento óptico vaya a ser destinado, será prioritario escoger lentes holográficas fabricadas con geometría simétrica o asimétrica”, concluye la Prof.^a Pascual. Los autores argumentan la importancia de caracterizar estas lentes previamente a su empleo como sistemas formadores de imagen o no formadores de imagen.

¹ Sección preparada por Augusto Beléndez, en colaboración con actores implicados, que anima a proponer contribuciones relevantes para ser consideradas aquí.

UNA LINTERNA AZUL PARA ESCUDRIÑAR EL ORIGEN DEL UNIVERSO

Sabemos que el universo está hecho casi exclusivamente de materia. Sin embargo, la gran explosión que lo inició debió crear iguales cantidades de antimateria. ¿Qué ocurrió con esta última? Un posible mecanismo apunta a la existencia de partículas —llamada de Majorana— capaces de desintegrarse tanto a

so, la señal esperada es tan débil que **la señal puede quedar completamente enmascarada por el ruido de fondo debido a la radioactividad natural.**

Sin embargo, si además de identificarse los dos electrones se observa el átomo de bario, el ruido de fondo puede reducirse a cero, ya que la radioactividad natural no produce Ba^{2+} . No obstante detectar un solo ion de Ba^{2+} se consideraba imposible hasta hace poco tiempo.

Un artículo recientemente publicado en *Nature* (DOI: 10.1038/s41586-020-2431-5) por investigadores del experimento NEXT bajo la dirección de F. P. Cossío y J. J. Gómez-Cadenas acaba de ofrecer una demostración cuantitativa de la posibilidad de detectar átomos individuales de Ba^{2+} en el experimento. Para ello han diseñado una molécula fluorescente, capaz de capturar selectivamente el Ba^{2+} y cuyo espectro de emisión se desplaza

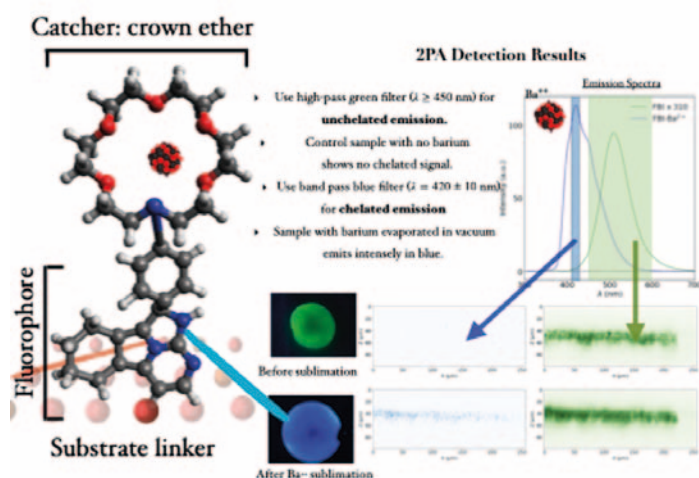
permite identificar la señal de la desintegración $\text{bb}0\nu$.

Tal y como ha explicado el Prof. Cossío, “lo más complicado de la parte química del trabajo fue diseñar una nueva molécula que cumpliera los estrictos (casi imposibles) requisitos impuestos por el experimento NEXT. Esta molécula debía brillar mucho, capturar bario con extrema eficacia (el $\text{bb}0\nu$ es un evento rarísimo y ningún catión podía desperdiciarse) y emitir una señal específica que permitiera detectar la captura sin ruido de fondo. Además, la síntesis química del nuevo sensor FBI debía ser eficiente para poder tener muestras ultrapuras en cantidad suficiente para su instalación en el detector. **La parte más gratificante fue comprobar que, tras muchos esfuerzos por parte de este equipo multidisciplinar, efectivamente, nuestro sensor FBI específico y ultrasensible funcionaba tal y como estaba previsto.**

Por su parte, el Prof. Gómez-Cadenas, señala: “este trabajo supone un importante avance de cara a un futuro experimento capaz de combinar la señal de los dos electrones y el átomo de bario producidos en la reacción $\text{bb}0\nu$ **para descubrir si el neutrino es su propia antipartícula y en su caso contribuir a entender el misterio de la asimetría cósmica entre materia y antimateria.**”

NUEVO MECANISMO DE RESONANCIA PARA SISTEMAS CON RETARDO

Investigadores del Grupo de Dinámica No Lineal, Teoría del Caos y Sistemas Complejos de la Universidad Rey Juan Carlos, que dirige el catedrático de Física Miguel A. F. Sanjuán, **han caracterizado un nuevo fenómeno de resonancia que se produce en modelos de osciladores no lineales con retardo, conocido como resonancia inducida por retardo.** Estos modelos están presentes en multitud de áreas como, por ejemplo, en electrónica, donde la velocidad de transmisión puede ser no despreciable. El estudio ha sido recientemente publicado en la prestigiosa revista *International Journal of Bifurcation and Chaos* (DOI: 10.1142/S0218127420300074). Además del



materia como a antimateria y con la peculiaridad de favorecer ligeramente las desintegraciones a la primera. Estas partículas habrían introducido un pequeño exceso de quarks y leptones con respecto a sus antipartículas. Ese pequeño exceso habría resultado en el universo en el que vivimos.

Es posible demostrar que el neutrino es su propia antipartícula observando un raro tipo de proceso nuclear llamado desintegración doble beta sin neutrinos ($\text{bb}0\nu$). Este proceso puede darse en algunos isótopos raros, como el Xenón-136. El experimento NEXT (<https://next.ific.uv.es/next/>, sito en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC, <https://lsc-canfranc.es/en/home-2/>) busca estas desintegraciones utilizando cámaras de gas a alta presión.

La desintegración $\text{bb}0\nu$ de un átomo de Xe-136 resulta en la producción de un ion doblemente cargado de Ba-136 y dos electrones: $\text{Xe} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2e$.

NEXT se ha centrado hasta el momento en identificar los dos electrones, cuya observación proporciona una clara señal de la desintegración. No obstante, debido a la larga vida media del proce-

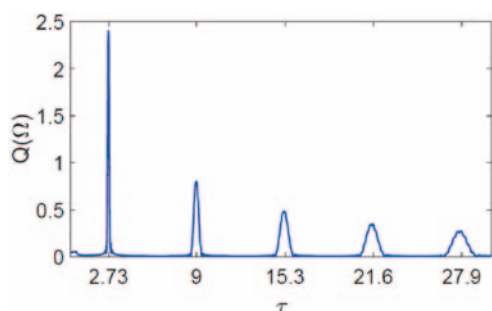
del verde al azul oscuro cuando esto ocurre, lo que proporciona un mecanismo de identificar la presencia del átomo de bario, tal como se ilustra en la figura. En este trabajo ha participado un equipo multidisciplinar de investigadores pertenecientes al Donostia International Physics Center (DIPC), al Centro de Física de Materiales (CFM) y de la UPV/EHU, todos ellos sitos en San Sebastián. Además el Laboratorio de Óptica de la Universidad de Murcia, bajo la dirección de Pablo Artal y J. M. Bueno, ha jugado un importante papel en los estudios con láser de absorción de dos fotones. Finalmente, ha participado en el estudio el prestigioso científico David Nygren, que sugirió en 2017 la posibilidad de utilizar indicadores moleculares para la detección del Ba^{2+} . **Este trabajo supone la primera demostración cuantitativa de que tales sensores pueden funcionar con alta eficiencia en un medio seco (esto es en vacío, o en atmósfera de gas).**

La captura de un ion de Ba^{2+} por la molécula FBI resulta en un desplazamiento en el espectro de emisión que

Prof. Miguel A.F. Sanjuán, también han participado en el estudio los investigadores Julia Cantisán, Mattia Coccolo y Jesús M. Seoane.

Como modelo de estudio, los investigadores eligieron un oscilador no lineal clásico: el oscilador de Duffing. El trabajo analizó tanto el caso sobreamortiguado, cuando el potencial tiene un único pozo, como el no amortiguado, cuando el sistema es biestable. En el primer caso, las oscilaciones del sistema decaen con el tiempo hasta desaparecer. Sin embargo, **el retardo es capaz de inducir oscilaciones sostenidas con una frecuencia dominante, denominada frecuencia natural.** El estudio se basa en que, si el oscilador está sometido a un pequeño forzamiento periódico, se pueden aumentar estas oscilaciones añadiendo una señal de *feedback*, es decir, un retardo, artificialmente.

En la figura se puede ver cómo el factor Q , que es una magnitud relacionada con la amplitud, presenta un pico principal para un cierto valor de $\tau \approx 2.73$, que es el tiempo de retardo. Este valor



se corresponde con el de un retardo que generaría una oscilación con frecuencia natural igual a la frecuencia de forzamiento del sistema Ω . El resto de picos secundarios se corresponden con los valores de τ que inducen armónicos con frecuencias iguales a la frecuencia del forzamiento.

Como señala el Prof. M. A. F. Sanjuán, “para el caso más complejo del oscilador no amortiguado con potencial de doble pozo hemos demostrado que es posible sumar los efectos del retardo y el forzamiento externo de modo que, para valores bajos del retardo donde el movimiento está confinado en un pozo, se produzca resonancia y pase a oscilar en ambos pozos manteniendo la frecuencia inicial con la que oscilaba en un solo pozo”. La condición, al igual que en el caso anterior, es que se igualen la frecuencia natural y la del forzamiento.

CÓMO MANIPULAR LA NANOLUZ CON UN GIRO ‘MÁGICO’

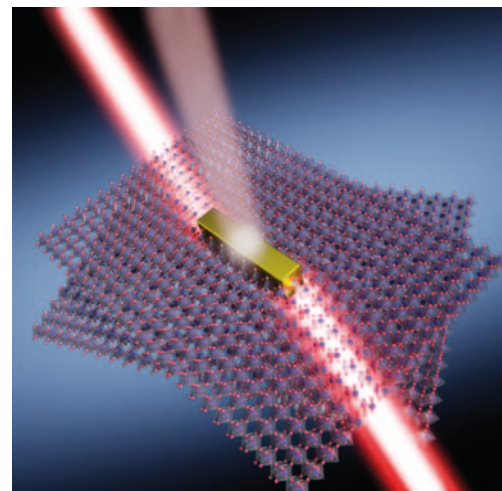
Recientemente, se ha observado que **cuando dos capas superpuestas de grafeno se giran una respecto a la otra un determinado ángulo “mágico”, las propiedades electrónicas del sistema cambian drásticamente, dando lugar a fenómenos físicos exóticos como la superconductividad no convencional.**

En un trabajo recientemente publicado en la revista *Nano Letters* (DOI: 10.1021/acs.nanolett.0c01673), por los investigadores Jiahua Duan, Javier Taboada Gutiérrez, Gonzalo Álvarez Pérez, Javier Martín Sánchez y Pablo Alonso González, de la Universidad de Oviedo y el Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología CINN del CSIC (Asturias), Iván Prieto, del Institute of Science and Technology IST Austria (Viena, Austria), Nathaniel Capote Robayna y Alexey Nikitin, del Donostia International Physics Center DIPC (San Sebastián), se demuestra que este concepto puede extenderse al campo de la nano-óptica utilizando estructuras bicapa rotadas del material de van der Waals a-MoO₃. Sorprendentemente, se observa que **bajo un cierto ángulo ‘mágico’ de rotación de unos 63° entre dos capas de este material, la propagación de luz en la nanoescala (nanoluz) está completamente guiada a lo largo de una dirección determinada.**

“Este nuevo grado de libertad basado en la rotación de láminas en materiales de van der Waals se puede utilizar como direccionador óptico, permitiendo controlar la propagación de nanoluz, con importantes implicaciones en el desarrollo de las futuras tecnologías de la información y las comunicaciones”, señala el Dr. Martín Sánchez, investigador Ramón y Cajal en el grupo de Nano-óptica cuántica.

El control sin precedentes observado en la propagación de la nanoluz en estos materiales puede representar un elemento fundamental para la integración de futuras tecnologías en nanofotónica. “La posibilidad de guiar la propagación de luz en la nanoescala a lo largo de direcciones concretas permitirá el desarrollo de nuevas e in-

teresantes aplicaciones en sensores biológicos, aplicaciones en tecnologías cuánticas o aprovechamiento del calor en la nanoescala”, señala Alexey



Yu Nikitin, investigador Iberbaske del Donostia International Physics Center (DIPC).

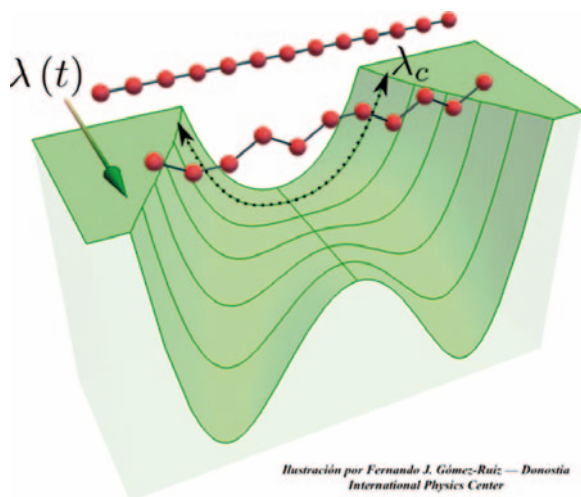
“Estos hallazgos permiten extender el concepto subyacente en el recientemente establecido campo de la ‘twistrónica’ al mundo de la óptica, sentando así las bases de un nuevo campo de la ‘twistóptica’” concluye el Dr. Alonso González, líder del grupo de investigación.

UNA NUEVA UNIVERSALIDAD EN LA FÍSICA DE NO EQUILIBRIO: DESDE LA COSMOLOGÍA A LA MATERIA CONDENSADA

En los años 70 Tom W. B. Kibble describió cómo la **dinámica de una transición de fase continua podría dar lugar a la formación de estructuras en el universo primitivo.** Independientemente, Wojciech H. Zurek exploró como **dicha dinámica está presente en sistemas de materia condensada, facilitando el estudio de principios cosmológicos en el laboratorio.** El desarrollo de estas ideas es hoy en día conocido como el mecanismo de Kibble-Zurek y constituye un paradigma en la física de no equilibrio.

En la proximidad de una transición de fase continua o cuántica, propiedades de un sistema como la longitud

de correlación o el tiempo de relajación divergen. Y lo hacen de forma precisa siguiendo una ley de potencias con respecto a la proximidad del punto crítico, que es gobernada por un exponente crítico. **Utilizando teoría del grupo de renormalización,**



se puede demostrar que sistemas aparentemente distintos exhiben el mismo tipo de divergencia con un valor del exponente crítico común. Es posible por tanto clasificar distintos sistemas en clases de universalidad según el valor de los exponentes críticos.

El mecanismo de Kibble-Zurek explota esta noción de universalidad junto con el hecho de que, en la proximidad de una transición de fase, la divergencia del tiempo de relajación hace que la dinámica sea necesariamente no adiabática. **En un escenario de ruptura de simetría espontánea,** caracterizado por la existencia de múltiples configuraciones del sistema con la misma energía, el resultado de cruzar el punto crítico a una velocidad finita es la formación de dominios. En el intersticio entre dominios adyacentes se localizan defectos topológicos, como paredes frontera en ferromagnetos o vórtices en superfluidos y superconductores. La predicción del mecanismo de Kibble-Zurek es que el número promedio de dichos defectos obedece una ley de potencias universal con el ritmo al que se cruza la transición de fase. Casi medio siglo después de esta predicción, su amplia validez ha sido establecida por la acumulación de un gran número de experimentos, así como resultados computacionales y cálculos teóricos.

En un artículo publicado en la revista *Physical Review Letters* (DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.240602), un grupo de científicos del Donostia International Physics Center (DIPC) ha establecido la universalidad de la distribución del número de defectos.

El equipo está integrado por el Dr. Fernando J. Gómez-Ruiz, el estudiante de maestría Jack Mayo (visitante de verano de la University of Groningen) y el catedrático Adolfo del Campo. Esta generalización del mecanismo de Kibble-Zurek **permite identificar como el principio de universalidad de transiciones de fase afecta a las fluctuaciones y limita raros eventos con grandes desviaciones de la media.** Tal y como señala el Prof. Adolfo del Campo, “es una sorpresa que de la física que desvelamos haya pasado desapercibida durante décadas estudios exhaustivos. Muchos experimentos han tomado el tipo de medidas requeridas para encontrarla, pero ésta se encuentra en las fluctuaciones de la señal medida, en lugar de la señal en sí”.

Este estudio tiene aplicaciones directas en la computación cuántica adiabática, en la que **los defectos topológicos desempeñan el papel de errores en la computación.** De hecho, ya ha estimulado un test experimental en un simulador cuántico de iones atrapados en la University of Science and Technology of China en Hefei (China), y también nuevas pruebas en los computadores cuánticos adiabáticos comercializados por la compañía canadiense D-Wave y adquiridos por la NASA.

A la luz de la nueva teoría, se espera que previos experimentos destinados a establecer la validez del mecanismo de Kibble-Zurek sean refinados. En este aspecto, sistemas de átomos ultrafríos permiten estudiar la formación y distribución de vórtices en superfluidos y tienen por tanto un gran potencial para avanzar nuestra comprensión de la dinámica de fenómenos críticos. El

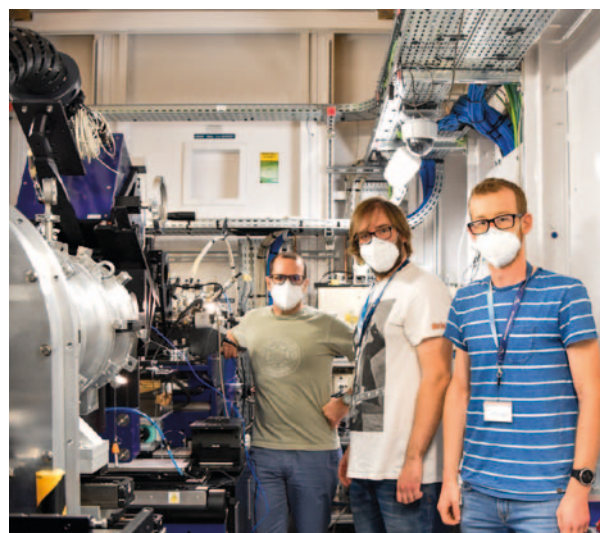
Dr. Gómez-Ruiz añade que “**hay física universal más allá del mecanismo de Kibble-Zurek**” y concluye diciendo: “**ahora podemos estimar los errores en un computador cuántico**”.

UN EQUIPO CIENTÍFICO DEL CSIC ESTUDIA EN EL SINCROTRÓN ALBA POTENCIALES FÁRMACOS CONTRA LA COVID-19

Un equipo del Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas (CIB-CSIC) de Madrid, **utiliza la luz de sincrotrón del ALBA para estudiar el posible efecto de una serie de fármacos, actualmente utilizados como antitumorales, sobre el ciclo vital del SARS-CoV-2.**

El proyecto se basa en **estudiar cómo estos fármacos afectan a la estructura de los microtúbulos**, unos biopolímeros en forma de filamentos que se encuentran dentro de nuestras células a modo de esqueleto interno y que **intervienen, entre otras cosas, en la función de transporte de sustancias, entre ellas, los virus.**

“**Se sospecha que muchos procesos virales pueden ser inhibidos por anti-tumorales, porque bloquean procesos necesarios para el crecimiento celular exacerbado.** Estos mismos procesos, aún más acelerados, son los que em-



De izquierda a derecha: Juan Carlos Martínez, científico de la línea de luz NCD-SWEET del Sincrotrón ALBA; Daniel Lucena y Juan Estévez, investigadores del grupo de agentes estabilizantes de microtúbulos del Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas (CIB-CSIC) de la línea de luz.

plean los virus para replicarse dentro la célula una vez han tomado el control de su maquinaria.” explica el **Dr. Fernando Díaz**, responsable del grupo de agentes estabilizantes de microtúbulos, del CIB-CSIC.

Para moverse por la célula, los virus secuestran la kinesina y dineína, unas proteínas motoras que actúan como transportadores sobre los microtúbulos, desplazándose sobre ellos como si se tratase de carreteras en el interior de las células. Así pues, se hipotetiza que **la alteración estructural que el fármaco provoca sobre los microtúbulos, podría afectar al movimiento de estas proteínas motoras, interrumpiendo el transporte del virus y bloqueando su replicación.**

“Lo que queremos atacar es un mecanismo que utilizan muchos virus. Por lo que, si funciona, podríamos estar ante el primer antiviral de amplio espectro.” añade el **Dr. Daniel Lucena**, investigador postdoctoral del grupo.

Ahora, el equipo del CIB-CSIC utilizará las instalaciones del **Sincrotrón ALBA** —un complejo de aceleradores de electrones para producir luz de sincrotrón, situado en Cerdanyola del Vallès (Barcelona)— para sus experimentos. **La gran energía y brillantez características de la luz de sincrotrón permiten adquirir información detallada sobre el tamaño, la forma y la periodicidad estructural de los microtúbulos en solución a partir de patrones de difracción de gran resolución**, sin la necesidad de congelarlos, teñirlos, fijarlos o cristalizarlos. Así, los parámetros obtenidos son virtualmente similares a los de microtúbulos en condiciones fisiológicas.

Tal y como comenta **Juan Estévez**, investigador doctoral del grupo: **“utilizando luz de sincrotrón podemos ver muy claramente la estructura del microtúbulo, que es como una fibra. Aquí vemos como esa fibra cambia sus dimensiones cuando la tratas con un compuesto. Estos cambios son muy pequeños, del orden de los nanómetros. Algo que en un microscopio convencional no seríamos capaces de ver.”**

El principal objetivo de esta investigación es correlacionar los cambios estructurales provocados por estos fármacos con su potencial efecto antiviral, aspirando a desarrollar un diseño

racional de antivirales efectivos contra la COVID-19.

“En caso de confirmar que el fármaco tiene el efecto esperado, podría empezar a utilizarse de forma inmediata, pues ya se conocen sus dosis seguras y sus procedimientos de administración” apunta el **Dr. Fernando Díaz**.

PUNTOS CUÁNTICOS DE CARBONO SINTETIZADOS CON LÁSER PARA APLICACIONES EN EL ÁMBITO DE LA SALUD

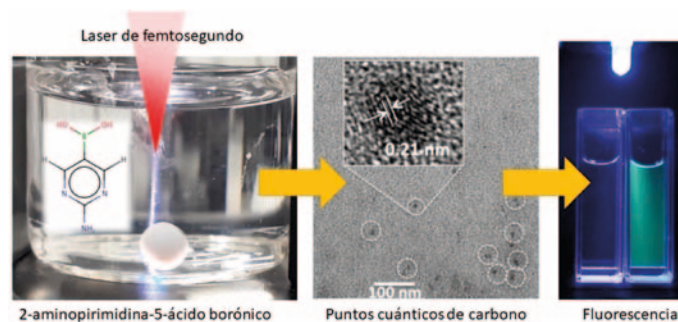
Los puntos cuánticos de carbono (CQD) son nanopartículas de carbono de menos de 10 nm de diámetro. A pesar de su reciente descubrimiento, a principios del siglo XXI, han emergido como un nanomaterial con perspectivas muy prometedoras dada su baja toxicidad y su bajo coste, además de ser respetuosos con el medio ambiente. Como todos los materiales, el carbón también cambia sus propiedades fisicoquímicas a escala nanométrica y los CQD destacan por su fotoluminiscencia sintonizable, alta fotoestabilidad, fácil funcionalización de la superficie y gran biocompatibilidad.

Estimulado por el rápido crecimiento del interés de la investigación en CQD, se han desarrollado numerosas técnicas para su síntesis. La mayoría de las que se realizan con láser son tipo “top-down”, que implica la fragmentación de materiales carbonosos a tamaños de puntos cuánticos. Sin embargo, la síntesis mediante técnicas “bottom-up”, que se centran en la construcción de estructuras y objetos a partir de sus componentes atómicos y moleculares, ofrece mayores ventajas, como la posibilidad de lograr unas eficiencias en fluorescencia más alta y una elección de precursores baratos y fácilmente disponibles. Estas se realizan principalmente mediante tratamiento hidrotérmico.

Recientemente y como resultado del proyecto europeo GlucoTear, Wy-

cliffe Kipnusu, Carlos Doñate, Mercedes Fernández, Jesús Lancis y Gladys Mínguez del Grupo de Investigación Óptica de la Universitat Jaume I de Castelló (GROC-UJI) han demostrado en un artículo publicado en la revista *Particle & Particle Systems Characterization* (DOI:10.1002/ppsc.20200009) la síntesis de CQD mediante técnicas láser “bottom-up”. Tal y como nos explica la Dra. Mínguez, esto se consigue irradiando 2-aminopirimidina-5-ácido borónico con un láser pulsado de femtosegundos, en un proceso a un solo paso y sin aditivos adicionales. La invención ha permitido la síntesis de un CQD único (que no se había obtenido anteriormente nunca por otros procedimientos) que presenta fotoluminiscencia con triple emisión en tres colores (azul, verde, rojo), **una eficiencia cuántica de en torno al 63 % y con una alta fotoestabilidad demostrada durante más de 15 horas.**

Las aplicaciones de estos nuevos CQD en el ámbito de la salud no se han hecho de esperar. Los investigadores han desarrollado un sensor óptico que permite detectar niveles de glucosa muy bajos, de hasta 1 mg/dL y en un rango lineal de hasta 100 mg/dL. Como explica la Dra. Mínguez, **“esto puede permitir, detectar la concentración de glucosa en fluidos corporales distintos a la sangre, como la**

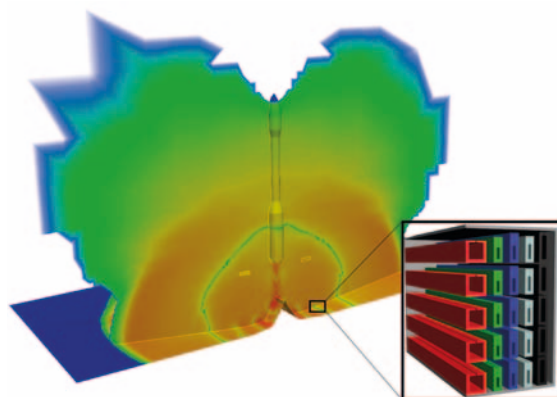


lágrima, cuyos valores están correlacionados, pero que en el caso de la lágrima su concentración es un orden de magnitud menor”. Por otro lado, el uso de estos CQD para protección ocular es otra de las novedades del presentadas en el artículo. Estas nanopartículas, depositadas en sílice nanoporosa transparente, son capaces del reducir considerablemente la potencia de un haz láser pulsado y, en consecuencia, pueden proteger al ojo de este tipo de radiaciones extremas.

REDUCCIÓN DEL RUIDO QUE INCIDE SOBRE EL COHETE EN LA FASE DE DESPEGUE

En el despegue de un cohete, las magnitudes físicas como temperatura, presión o velocidad de flujo alcanzan niveles inimaginables. El ruido, que ronda en torno a los 180 dB, se convierte en un problema de primera magnitud especialmente por sus implicaciones vibroacústicas que pueden afectar a la delicada carga que transportan los cohetes y a las operaciones del mismo. Las agencias espaciales han adoptado diferentes medidas a lo largo de su historia para abordar esta cuestión como puede ser la utilización de la inyección de gotas de agua en el ambiente alrededor del cohete para mitigar la energía acústica. Recientemente, el diseño acústico se considera como una parte esencial de las nuevas plataformas de despegue. Desde hace algunos años la Agencia Espacial Europea (ESA) puso atención a la investigación que se realizaba en el continente en relación a sistemas que permitiesen la manipulación de las ondas acústicas. En particular estaba interesada en dos conceptos: los cristales de sonido (estructuras heterogéneas formadas por dispersores acústicamente rígidos distribuidos periódicamente

en un fluido, en este caso el aire) y los metamateriales acústicos (medios estructurados que exhiben resonancias locales). En ambos casos **las propiedades de cada sistema se pueden controlar mediante la geometría de la celda unidad que conforman el cristal o el metamaterial**. Se trata en definitiva del control de la dispersión y de las pérdidas en sistemas discretos que permiten el paso del flujo de aire para manipular las ondas acústicas.



En este contexto, un grupo de la Universitat Politècnica de València ha obtenido tres contratos con la agencia, un Innovation Triangle Initiative (ITI), un Networking Partnering Initiative (NPI) para el desarrollo de una tesis doctoral y un Technology Research Programme (TRP) que en la actualidad involucra a la Universitat Politècnica de València, La Universidad Politécnica de Madrid, el CSIC, el Laboratoire d'Acoustique de

l'Université du Mans (LAUM) y la empresa valenciana COMET Ingeniería. En este último proyecto se aborda, la identificación de las fuentes de ruido a partir de cálculos de Computational Fluid Dynamics (CFD), el diseño de estructuras para su ubicación en la rampa de despegue del cohete VEGA para controlar la reflexión de las ondas acústicas y el diseño de una estructura en la cofia del cohete para evitar la transmisión de vibraciones a la carga de pago.

En el caso del primer problema, **se ha diseñado una estructura basada en distribuciones de resonadores** que consigue dos efectos fundamentales, **un nivel de absorción muy importante a partir del control de las pérdidas y una difusión del sonido en direcciones no especulares** (que son las que inciden directamente sobre el cohete), gracias a la distribución espacial de los mismos. Algunos de estos resultados, publicados por Iván Herrero-Durá, Alejandro Cebrecos, Rubén Picó, Vicente Romero-García, Lluís Miguel García-Raffi y Víctor José Sánchez-Morcillo en la revista Applied Sciences (DOI:10.3390/app10051690), son en definitiva un paso más hacia **el objetivo de la reducción del ruido y sus consecuencias en el entorno de despegue de los cohetes** donde se transfieren resultados de ciencia básica obtenidos en la última década por lo grupos involucrados.

GEP-SLAP 2020-21

9 - 13 MAYO 2021

Donostia-San Sebastián, España

XVI Reunión del Grupo Especializado de Polímeros



www.gep-slap2020.eu