



El tornado de luz del ADN

Una investigación pionera de la Universidad de Salamanca demuestra la producción de un tipo de haz láser en el ultravioleta extremo con un diseño especial en fase y en polarización / Estos haces se están comenzando a usar para analizar la quiralidad, una propiedad presente en muchas moléculas biológicas



> SALAMANCA

El tornado de luz del ADN

La USAL demuestra la producción de un tipo de haz láser en el ultravioleta extremo con un diseño especial en fase y en polarización. Por **E. Lera**

No acaban de salir de una película de ciencia ficción. De hecho, son fruto del conocimiento, el talento, la constancia y el saber hacer del grupo de Investigación en Aplicaciones del Láser y Fotónica de la Universidad de Salamanca (USAL). Dentro del proyecto ERC ATTOSTRUCTURA, financiado por la Unión Europea y liderado por el investigador Carlos Hernández García, una de las principales líneas de investigación que tienen abierta consiste en moldear haces de luz láser.

No son haces de luz convencionales, ya que se emiten en frecuencias muy elevadas (invisibles para el ojo humano), y compactados en flashes de luz láser muy breves en el tiempo. Es más, uno de sus objetivos consiste en controlar las propiedades de estos haces de luz tan especiales. En concreto, ponen el foco en diseñar y controlar la estructura espacial de las propiedades de la luz, pues se abren perspectivas de investigación muy interesantes.

Desde el punto de vista fundamental, les ofrecería la posibilidad de explorar nuevas formas de interacción de la luz con la materia y, de este modo, aprender comportamientos de la materia desconocidos hasta ahora. Desde un punto de vista aplicado, moldear estos haces de luz láser permite optimizar aplicaciones en ámbitos diversos como la fotónica, el magnetismo, el procesado de materiales, las técnicas de imagen o las comunicaciones ópticas.

En una investigación pionera

han demostrado que pueden diseñar nuevas estructuras de luz láser ultravioleta, con una forma un tanto compleja pero muy interesante para la comunidad científica. En particular, son capaces de *enroscar* los estados de oscilación de la luz ultravioleta en una estructura con forma de hélice para construir una especie de *tornado de luz* con múltiples direcciones de oscilación. «Estas direcciones de oscilación podemos organizarlas en una configuración radial o azimutal, aunque también se pueden dar otras distribuciones más complejas. A todas estas formas de luz las denominamos vórtices ópticos vectoriales», explica la investigadora predoctoral Alba de las Heras Muñoz.

El trabajo, que ha sido fruto de una colaboración teórico-experimental internacional entre la Universidad de Salamanca, la Universidad Paris-Saclay (Francia) y la Colorado School of Mines (Estados Unidos), abre la vía de interactuar con la materia de una manera diferente. En particular, los haces de luz láser estructurada que son capaces de generar tienen unas propiedades únicas, muy distintas a las de la luz láser convencional. Por ejemplo, el profesor Julio San Román Álvarez de Lara señala que los vórtices ópticos vectoriales son sensibles a medios inhomogéneos (cuya densidad no es uniforme) o también a la anisotropía de ciertos sólidos o moléculas, que presentan una respuesta diferente según la dirección de vibración de la luz.

En este sentido, añade el catedrá-

tico Luis Plaja Rustein, este tipo de haces láser estructurados están comenzando a ser usados para analizar la quiralidad, una propiedad presente en muchas moléculas biológicas, entre ellas el ADN o los aminoácidos. También, avanza Carlos Hernández García, están comenzando a estudiar cómo interactúan este tipo de haces láser con materiales magnéticos, con el objetivo de poder controlar su magnetización o estado magnético en escalas espaciales y temporales donde se desconoce su comportamiento.

Este proyecto supone la primera propuesta teórica y el primer experimento para generar vórtices ópticos vectoriales en el ultravioleta extremo. «Estos haces de luz láser no son nada convencionales y, por tanto, son muy difíciles de generar y controlar. Apenas existen dispositivos para moldear la luz de alta frecuencia en el rango del ultravioleta lejano, rayos X y rayos gamma, por lo que nuestra filosofía consiste en tomar una estrategia alternativa para solventar este problema. Aplicamos el fenó-

meno de generación de armónicos de orden alto para transferir las propiedades de vórtices ópticos vectoriales de baja frecuencia en el infrarrojo, donde es más sencillo moldear la luz láser, hacia frecuencias superiores en el ultravioleta lejano».

De este modo, De las Heras Muñoz sostiene que el montaje experimental llevado a cabo por sus colaboradores en la Universidad Paris-Saclay consiste en moldear un haz láser infrarrojo de alta potencia, focalizarlo en un gas, para, a



Miembros del grupo de investigación en las instalaciones de la USAL. REPORTAJE GRÁFICO: ENRIQUE CARRASCAL



continuación, caracterizar las propiedades de la luz ultravioleta generada. Con este enfoque, disponen de toda la tecnología necesaria para llevar a cabo la idea, sin requerir de grandes infraestructuras.

La tecnología láser, que se ha desarrollado en las últimas décadas, es «el elemento clave» para poder dotar a la luz con este tipo de estructuras espaciales tan interesantes desde un punto de vista científico. «La luz del sol, de una bombilla o de un LED no podemos moldearla completamente porque

sus ondas de luz no viajan de forma ordenada. En el ámbito de la óptica decimos que no son coherentes».

Con estas fuentes de luz, pueden diseñar estructuras de intensidad, para lo cual existe todo un campo ingenieril sobre iluminación, pero no tiene sentido hablar del diseño de su estado de oscilación. En cambio, apuntan los investigadores salmantinos, los láseres sí son una fuente de luz coherente y ésta es su característica más distintiva respecto a otras fuentes de luz. Así, en la luz láser pueden crear estructuras tan complejas como los vórtices ópticos vectoriales, que presentan una distribución de intensidad en forma de rosquilla, donde los estados de oscilación del campo forman hélices con direcciones de oscilación organizadas en configuraciones muy determinadas.

De igual forma, gracias a la técnica desarrollada por Donna Strickland y Gérard Mourou galardonada con el Premio Nobel en 2018, en la actualidad se disponen de láseres suficientemente intensos como para desencadenar el proceso de generación de armónicos de orden alto que nos permite trasladar estos haces estructurados desde el infrarrojo al ultravioleta extremo de una manera muy precisa y elegante.

En opinión de Hernández García, la luz estructurada es un tema muy actual en ciencia y tecnología por su aplicación en campos muy diversos. Por ejemplo, el uso de estos haces de luz en las comunicaciones ópticas permite aumentar de manera significativa la capacidad de la red, ya que se dispone de más parámetros en los que codificar la información. También es posible generar corrientes en materiales semiconductores, que de manera controlada podrían cambiar el comportamiento eléctrico y magnético del material.

A esto se suma, comenta San Román Álvarez de Lara, que ciertos tipos de luz estructurada pueden focalizarse más, es decir, permiten concentrar la luz en espacios más pequeños, mejorando de esta

forma la resolución en técnicas de imagen. Más cercano a su trabajo, la capacidad de transferir las propiedades de la luz láser estructurada hacia el rango de alta frecuencia con el proceso de generación de armónicos de orden alto permite alcanzar escalas espaciales nanométricas y escalas temporales extremadamente breves, en tiempos de attosegundo o trillonésimas de segundo.

«Estas características nos permiten explorar los procesos más rápidos que conocemos en la naturaleza, como el movimiento de los electrones en átomos y moléculas. Además, el tipo de tecnología que utilizamos para obtener estos haces láser tan especiales no necesita de grandes infraestructuras como los sincrotrones o los láseres de electrones libres. Esto ofrece la posibilidad de que estos haces de luz láser estructurada se puedan obtener en multitud de laboratorios en el mundo a un coste asequible», celebra el investigador Javier Serrano Rodríguez.

Consideran que están en un momento muy interesante, ya que en los campos de la óptica y la fotónica el diseño de haces de luz estructurados está abriendo nuevas posibilidades. Desde su grupo, por un lado, continuarán explorando nuevos diseños de haces de luz láser de alta frecuencia en colaboración con sus colegas experimentales, tanto en la USAL como en los grupos internacionales.

Además, están comenzando a explorar algunas de sus potenciales aplicaciones. En concreto, dentro del proyecto ERC ATOSTRUCTURA están colaborando con el grupo de Simulación de Nanoestructuras Magnéticas de la Universidad de Salamanca para estudiar la interacción de haces de luz estructurados con materiales ferromagnéticos. «Pensamos que podría ser de utilidad para avanzar en los sistemas de almacenamiento de información magnéticos, aunque se trata de ideas incipientes y aún nos queda mucho por explorar en este campo», concluyen.

ALBA DE LAS HERAS MUÑOZ / INVESTIGADORA DE LA USAL

«La investigación sufre los problemas de precariedad y de excesiva burocratización»

Alba de las Heras Muñoz, investigadora predoctoral de la Universidad de Salamanca (USAL), asegura que quizá falta «un apoyo más decidido» a los grupos de investigación de tamaño medio, con alta productividad pero que no llegan a englobar suficientes investigadores para formar instituciones autónomas, y que por ello no pueden optar a recursos especiales de excelencia. También, en su opinión, se requiere de un mayor esfuerzo de internacionalización, de fomentar ambientes más diversos y de divulgación de los resultados.

De igual forma, considera que la investigación en Castilla y León sufre los problemas de precariedad y de excesiva burocratización que son también comunes en el resto de España y en otros países. «Simplificando y haciendo más eficiente el control de la calidad de nuestras actividades, tanto científicas como docentes, podremos dedicar más recursos a la productividad. Igualmente, gestionando más eficientemente los recursos disponibles sería posible incrementar notablemente

la calidad de las investigaciones, y también mejorar las condiciones de las personas dedicadas a la investigación», sostiene De las Heras Muñoz.

A su parecer, es necesario establecer un plan específico para Castilla y León, que potencie una industria sostenible y en el que la ciencia tenga un lugar más importante. «Lamentablemente muchas de las acciones emprendidas por las Administraciones públicas son cortoplacistas, con la idea errónea de que una inversión en una investigación científica ha de derivar en una transferencia prácticamente inmediata a la sociedad. Pero como hemos aprendido una vez más con la pandemia, la ciencia no es predecible e inmediata y habitualmente las hipótesis de partida, aunque prometedoras, no derivan en los resultados que nos gustaría obtener. De hecho, este aspecto inherente a la ciencia muchas veces resulta frustrante entre nosotros. Y la sociedad, y en concreto las Administraciones públicas, han de ser sensibles a ello», sentencia la investigadora predoctoral.



La investigadora predoctoral Alba de las Heras Muñoz.