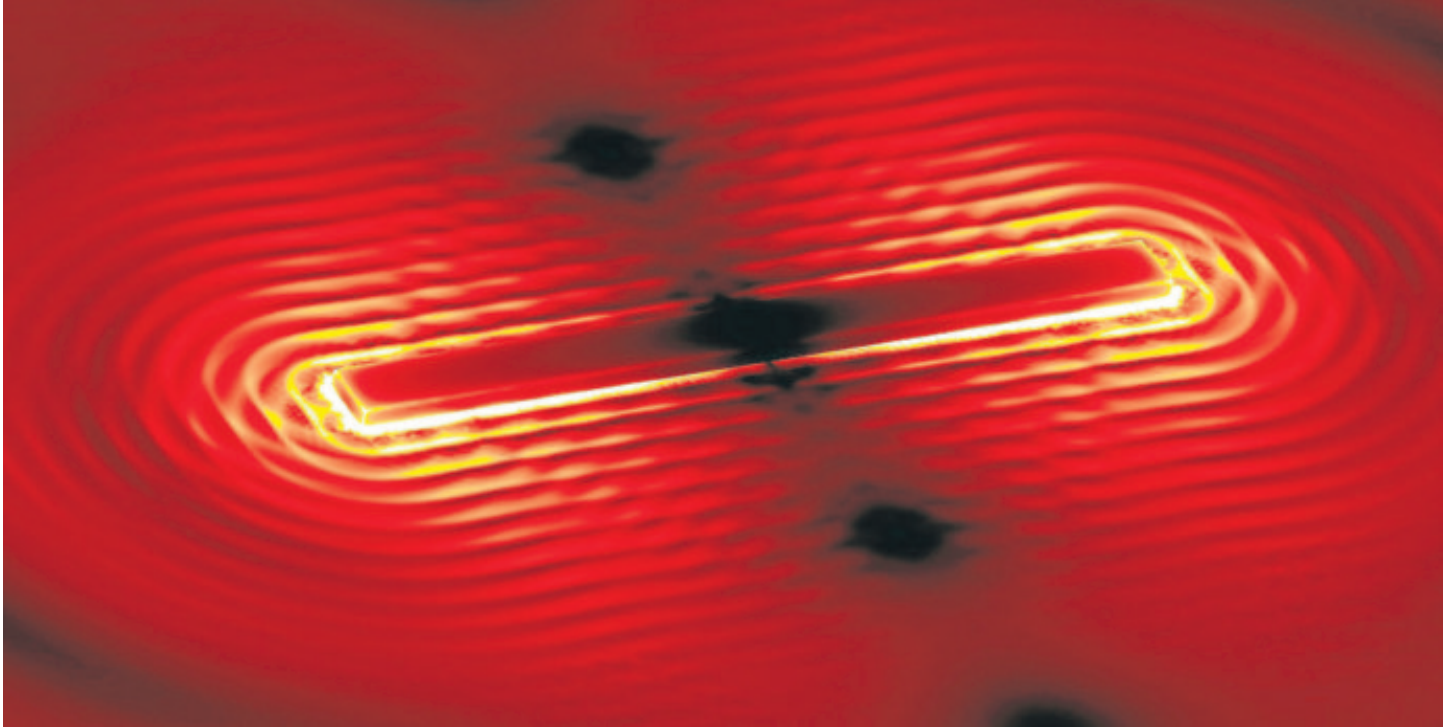


# FOTÓNICA > DOMESTICANDO FOTONES



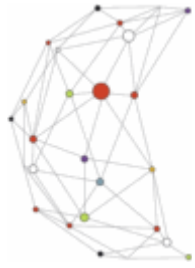
Representación de la intensidad del campo eléctrico de la radiación de una antena de oro sobre una lámina de nitruro de boro, un material que presenta propiedades fotónicas tan interesantes como una alta capacidad de concentración de luz. SERGIO G. RODRIGO (CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA) Y PABLO PONS (INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE ARAGÓN)

El XXI será el siglo de la fotónica, el que dejará atrás la era electrónica. Pero antes de que eso suceda, deben romperse las barreras que nos impiden controlar un fotón de la misma forma que un electrón. De momento, la nanofotónica y la nanoóptica ya suponen una revolución. El descubrimiento de los plasmones de luz y su utilización como nanoantenas a nivel molecular ha permitido manipular la luz a niveles ínfimos. PÁGS. 4-5





▶ 18 Abril, 2017



# EN PORTADA

## FOTÓNICA > EL GENIO (INVISIBLE) DE LA LUZ

No podemos imaginar nuestro planeta sin la existencia de la luz: la Tierra sería estéril e inhabitable sin la luz del sol, la fotosíntesis o el oxígeno. Pero igualmente importante para el progreso de la civilización humana ha sido producir y controlar la luz artificial. La ciencia fija ahora su atención en la fotónica, que, aprovechando las propiedades especiales de los fotones que componen la luz, abrirá la puerta e iluminará una nueva revolución en este siglo XXI con aplicaciones en muchos ámbitos, como la biofotónica o el uso médico de la luz. **TEXTO PATRICIA LUNA**

**ALUMBRADOS** ¿Se enfadó al recibir su última factura de la luz y se le pasó por la cabeza por un segundo loco vivir sin electricidad? Es difícil imaginar la vida sin luz, pero la electricidad es solo una de las formas en que la humanidad ha logrado domesticar artificialmente este elemento, catalizador de nuestra modernidad.

¿Ha pensado alguna vez cómo el dominio humano de la luz artificial ha cambiado nuestra vida? Seguramente no: una de las particularidades de la luz es que a veces puede ser tremendamente elusiva e invisible, pues el ojo humano solo puede ver una parte, que abarca las longitudes de onda que van de los 390 hasta los 770 nanómetros, una millonésima del milímetro (por encima se encuentra la luz infrarroja y por debajo, la ultravioleta).

El control artificial de la luz está presente en mucha de la tecnología que manejamos: sensores, teléfonos móviles táctiles, códigos de barras, láseres que permiten visualizar enfermedades, eliminar células cancerosas o que cortan materiales industriales, luces que detectan componentes tóxicos o sustancias de dopaje en sangre o, uno de los más importantes, la fibra óptica, un hilo extremadamente largo y fino de material transparente -vidrio o plástico-, por el que se envían pulsos de luz que transmiten datos para que usted pueda conectarse a internet vía wifi o que permiten que su ordenador se comunique remotamente con otro situado más allá del océano para tener una conversación telefónica por Skype.

La luz tiene propiedades físicas formidables. Aunque está constituida por partículas elementales como los fotones, es una radiación de campos electromagnéticos que

se transmite en ondas que se mueven a una velocidad constante de 300.000 kilómetros por segundo. No requiere de ningún medio de transmisión..., pero, como implica su naturaleza de onda, al contrario que las partículas, no podemos atraparla; ahí se encuentra uno de sus principales desafíos.

**FOTONES FANTASMALES** «La luz viene en paquetes, que se denominan fotones, aunque no somos capaces de distinguir su estructura a simple vista», explica Luis Martín Moreno, del Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA, Universidad de Zaragoza-CSIC). «Los fotones son como fantasmas para otros fotones, si pasan uno al lado del otro no se ven, no interactúan, no se comunican. Eso es bueno porque podemos enviar muchas señales distintas con diferentes longitudes de onda y no interfieren, pero es malo porque no podemos controlar luz con luz».

«La luz no es más que una sonda exploratoria que llega a la ma-

teria y la interroga y, según lo que detecta, rebota y nos manda información sobre de qué está hecha esa materia. A esa interacción de la luz con la materia es a lo que llamamos fotónica», afirma Javier Aizpurua, que dirige el grupo de Teoría de la Nanofotónica del Centro de Física de Materiales del CSIC y la Universidad del País Vasco. Su grupo, como el de Martín Moreno, desarrolla conceptos de física teórica que, al ser llevado a la práctica por grupos experimentales, determinan el descubrimiento de nuevas propiedades en materiales.

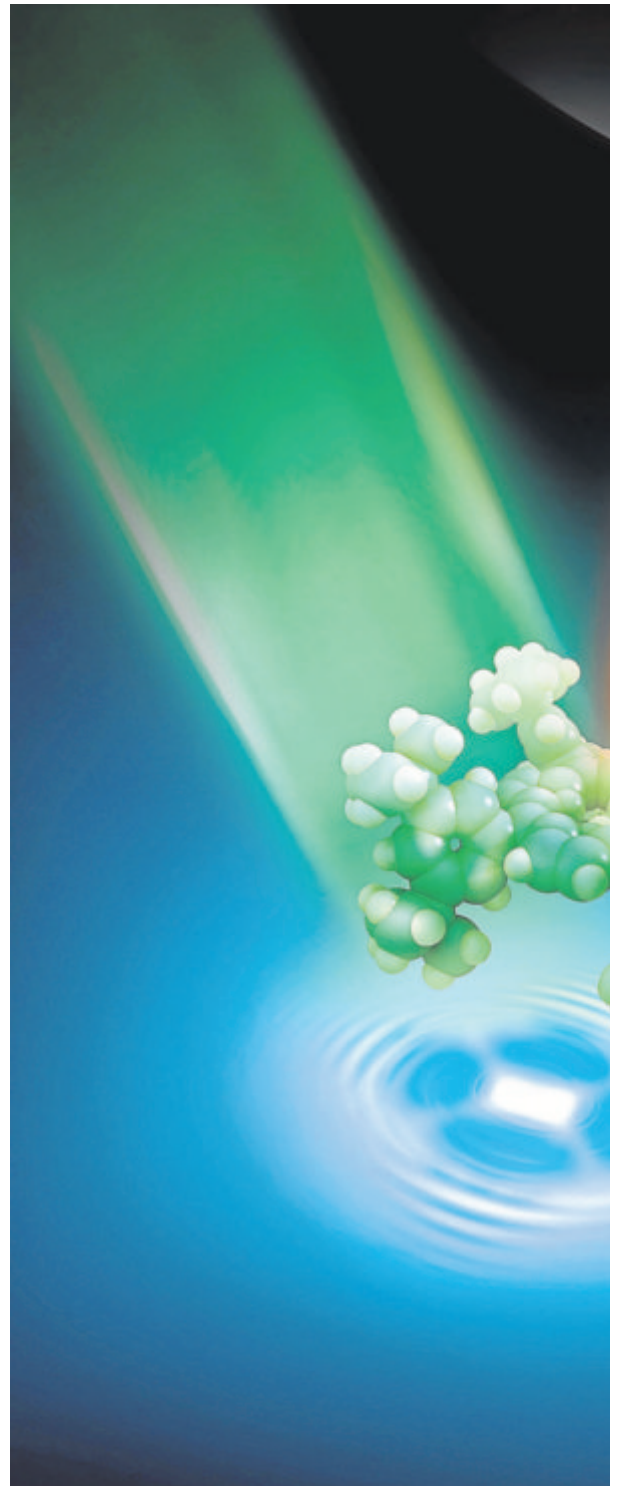
Los expertos vaticinan que el siglo XXI será el siglo de la fotónica, el que dejará atrás la era electrónica, una vez que se rompan las muchas barreras aún pendientes que nos impiden controlar un fotón de la misma forma que un electrón. Ahora, los sistemas de comunicación utilizan fotones que contienen información que ha de ser traducida a electrones, mucho más lentos, que siguen un circuito y no son tan eficientes en

### CONTROLAR LA LUZ CON LUZ

**Conocido por establecer junto a otros las bases teóricas para lograr retos considerados antes imposibles, como que la luz pasara de forma eficiente por agujeros pequeñísimos, Luis Martín-Moreno, investigador en el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, ha sido destacado por publicaciones internacionales como uno de los más influyentes en su área, la nanofísica teórica.**

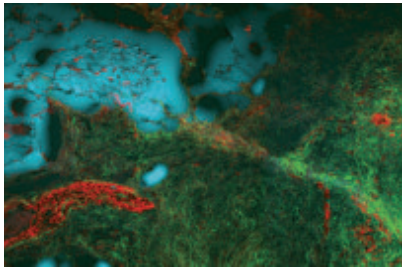
**Martín-Moreno y su equipo integran el grupo europeo que estudia las propiedades del grafeno, uno de los materiales del futuro, de un átomo de espesor y con propiedades excepcionales, a los que se suman muchos otros, como el fósforo negro, el nitruro de boro o el disulfuro de molibdeno. De hecho, ya organizan la que será la primera 'Conferencia monográfica de nanofotónica en sistemas de anchura atómica', que tendrá lugar este año en San Sebastián.**

**Además de diseñar combinaciones de materiales para potenciar sus propiedades y tratar de que se comporten como se busca, su equipo también trabaja en meta-materiales, aquellos que son diseñados por el ser humano porque en la naturaleza no existe ninguno que tenga esas características y que permiten desarrollar conceptos como el famoso manto de invisibilidad. Su grupo también incursiona en un campo fascinante pero no menos complejo, el de la mecánica cuántica, que trata de controlar la propagación de la luz por medio de fotones.**

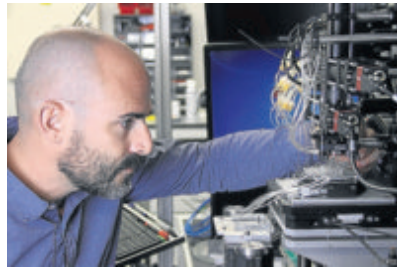


Moléculas excitadas por luz en la nanoescala. CENTRO DE FÍSICA DE MATERIALES

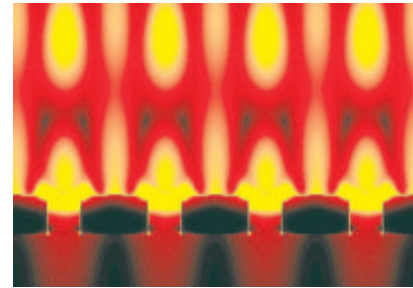




Tejido humano en una imagen médica multimodal. IPHT



'Lab-on-a-chip' experimental. IFCO



Por la generación de segundo armónico, una propiedad de los metales, la luz sale por los agujeros de una lámina metálica al doble de frecuencia de la de entrada.

S. G. RODRIGO (CUD)  
Y P. PONS (ICMA)

cuanto al uso de energía. Dominar los fotones sería un salto cualitativo que sentaría las bases para los ordenadores cuánticos, una realidad aún lejana para la ciencia, según los expertos consultados.

**NANOFOTÓNICA Y NANOÓPTICA** Lo que sí han conseguido recientemente los científicos es vencer otro tipo de barreras. Los físicos llevaban más de 150 años dándose de bruces con las paredes del límite de difracción de la luz, aquella propiedad que hace que la luz se disperse al atravesar una superficie y que, entre muchas otras cosas, impedía que fuera posible ver a escalas inferiores a 250 nanómetros. Este límite permite ver bacterias pero, por ejemplo, impide distinguir la estructura de

**CUANDO CONTROLAR UN FOTÓN SEA TAN FÁCIL COMO CONTROLAR UN ELECTRÓN, DARÁ COMIENZO LA ERA DE LA FOTÓNICA**

la mayoría de los virus.

Sin embargo, en las últimas dos décadas, la aparición de materiales con ciertas propiedades ha permitido romper esa barrera, dando lugar a una nueva revolución a escala molecular: la nanofotónica y la nanoóptica.

El descubrimiento de los plasmones de luz, grupos de electrones que tienden a acumularse en los metales y, al ser excitados, se agrupan y captan la luz, ejerciendo de nanoantenas a nivel molecular ha permitido manipular la luz a niveles ínfimos, los más pequeños que conocemos, en el orden de la división de más de mil veces el tamaño de un pelo, e iluminar así un campo de la ciencia que hasta ahora permanecía en la más absoluta oscuridad.

Ahora podemos utilizar esas nanoantenas como sensores y eso abre la puerta para la detección de incluso la presencia ínfima de un microorganismo tóxico en alimentos. Y también multiplica las posibilidades de una forma nueva de entender la medicina.

Investigadores del ICMA han publicado recientemente un artículo en la revista 'Nature Photonics' sobre los últimos avances en el estudio de las aplicaciones de los plasmones, que tendrán grandes aplicaciones en sensores y nuevos láseres.

## BIOFOTÓNICA: EL LABORATORIO PLASMÓNICO, EN UN CHIP

**CON UNA GOTTA DE SANGRE** La próxima revolución médica meterá los laboratorios dentro de un chip. Una sola gota nos dará información mucho más precisa. «La idea de usar laboratorios plasmónicos en un chip es traer el laboratorio analítico hasta el paciente, y no al paciente y su muestra hasta el laboratorio como se hace ahora», explica Romain Quidant, del Instituto de Ciencias Fotónicas de Barcelona (IFCO). Señala tres ventajas: la rapidez en los resultados, que puede ser decisiva para curar ciertas enfermedades, el hecho de «ser mucho más barato que los análisis convencionales, lo que democratiza las pruebas: podemos diagnosticar más gente antes y, por último, de forma mucho menos invasiva, con una sola gota de sangre», señala.

Jürgen Popp, director del Instituto de Tecnología Fotónica de Leibniz, en Alemania, líder en biofotónica, explica que «para detectar un patógeno, podemos rebajar el tiempo de 48 horas a 120 minutos y, a la vez, determinar su resistencia a los antibióticos, es decir, podemos saber qué causa la enfermedad y el tratamiento adecuado en dos horas». Todo con parámetros químicos objetivos, lo que «llevará a un nuevo tipo de toma de decisiones», señala Popp, y abrirá el camino a una medicina personalizada.

**FOGONAZOS CONTRA EL CÁNCER** «Con técnicas basadas en la luz -añade Popp- podríamos ser mucho más rápidos en detectar el cáncer. Se pueden usar diamantes o luz fluorescente para identificar los tejidos afect



Laboratorio médico en un disco que utiliza microfluidos. IPHT

tados y ver el estado del tumor, detectar sus bordes de manera precisa y, en el futuro, imagino que con tecnología láser, eliminarlo directamente tras el diagnóstico».

El grupo de Quidant en el IFCO investiga el uso de nanopartículas contra el cáncer. «Utilizamos nanopartículas de oro para desarrollar laboratorios analíticos miniaturizados que pueden detectar baja concentración de biomoléculas (la 'firma molecular' de un cáncer) en una gota de sangre. Esta tecnología ha sido validada en el laboratorio y estamos trabajando para llevarla a los hospitales», continúa. «En terapia, las mismas nanopartículas pueden utilizarse como eficientes nanofuentes de calor activadas por la luz. La superficie de la nanopartícula está cubierta con biomoléculas capaces de concentrarse principalmente en el tejido canceroso. Después, la iluminación con láser calienta estas nanopartículas y se extirpa el cáncer sin afectar a los tejidos sanos» y sin los efectos secundarios de la quimioterapia. La técnica va camino de ser aprobada.

**FOTOFÁRMACOS** La optofarmacología utiliza la luz para controlar la actividad de los medicamentos. Un artículo publicado en la revista 'Elife' presenta el primer ejemplo de fotofármaco que actúa como analgésico en modelos animales in vivo. El primer fármaco activado por la luz para tratar el dolor ha sido diseñado por expertos de la **Universidad de Barcelona**, el **Instituto de Investigación Biomédica de Bellvitge** y el Instituto de Química Avanzada de Cataluña.

## MEDICINA ÓPTICA: UNA VENTANA AL INTERIOR DEL CUERPO

¿Se imagina que un aparato como un dedo digital pueda darle mediciones del nivel de su oxígeno en sangre y del ritmo cardíaco solo con luz? Estos aparatos que dan otros usos médicos a la luz, sin entrar en el campo de la biofotónica, ya existen.

El profesor Turgut Durdurant, del IFCO, se dedica precisamente a estudiar cómo la interacción de la luz con los tejidos permite determinar la oxigenación y la cantidad de sangre que fluye en nuestro cuerpo.

Durdurant ha diseñado un pequeño parche transparente que se pega a la piel y abre una ventana al interior de nuestros cuerpos e ilumina hasta un centímetro de profundidad nuestros tejidos. Este dispositivo no invasivo, compuesto por fibra óptica, puede usarse para vigilar el cerebro tras un derrame y determinar las secuelas que va a dejar a un paciente, controlar la oxigenación de sangre en bebés prematuros y detectar hipoxia o is-



Monitoreo del flujo sanguíneo cerebral de un bebé con un dispositivo de monitorización hemodinámica. IFCO

quemia, o en personas con heridas traumáticas en el cerebro, ver cómo crece un cáncer, si existe o no (en tiroides de difícil detección o cuello) y determinar su estado y si va a servir o no la quimioterapia (en cáncer de mama).

«Proporcionamos a los médicos una visión de cómo funciona el flujo sanguíneo segundo a segundo y si el cerebro está recibiendo suficiente oxígeno, lo que les permite tomar

mejores decisiones para tratar a los pacientes», señala. Al contrario de lo que ocurre en el ámbito de la biofotónica, donde aún quedan muchos biomarcadores moleculares por descubrir y que permitirán detectar enfermedades antes de que ocurran, en el campo de la medicina óptica (se trata de medir valores y cantidades que sabemos desde hace un siglo que son importantes pero resultan difíciles de medir de una forma no invasiva y rápida), explica.

La luz tiene un mundo oculto aún por descubrirnos.