



La imagen cuántica alcanza lo inaccesible

Investigadores de ICFO y colaboradores han demostrado la imagen cuántica fantasma (quantum ghost imaging) guiada por fibra en tiempo real. La técnica, publicada en *Optica*, emplea una fibra óptica para iluminar muestras que de otro modo resultarían inaccesibles, así como una nueva cámara SPAD especialmente diseñada para tomar imágenes en tiempo real sin necesidad de un equipo externo.

Este enfoque extiende los beneficios de la imagen cuántica a aplicaciones en las que el acceso directo a la muestra es inviable o potencialmente dañino, como la endoscopia biomédica o la inspección industrial remota.

January 08, 2026

En los últimos años, los físicos cuánticos han comenzado a explorar el potencial de la luz cuántica (por ejemplo, los fotones entrelazados) para mejorar la [imagen óptica](#), aumentando la resolución, la relación señal-ruido y otras características clave.

Uno de los ejemplos más llamativos es la **imagen cuántica fantasma** (QGI, por sus siglas en inglés). En esta técnica, pares de fotones entrelazados, cuyas posiciones y tiempos de llegada están correlacionados más allá del régimen clásico, se dividen en dos trayectorias: uno de ellos (el fotón idler) ilumina la muestra y únicamente se registra su tiempo de llegada, mientras que el otro (el fotón señal) es detectado directamente por una cámara, capturando tanto la posición como el tiempo de llegada. Al seleccionar tan solo aquellas mediciones con las correlaciones temporales esperadas, se reconstruye la imagen de la muestra, la cual está basada exclusivamente en los fotones señal. Así, la imagen surge a partir de fotones que nunca han interactuado con la muestra, de ahí el nombre de *¿imagen fantasma?*

En una publicación reciente en *Óptica*, investigadores del ICFO, el **Dr. Alexander Demuth** y el **Dr. Robin Camphausen**, dirigidos por el **Prof. ICREA del ICFO Valerio Pruneri**, junto con colaboradores de la Fondazione Bruno Kessler, en Trento (Italia), han ampliado las capacidades de la QGI al demostrar, por primera vez, **imagen cuántica guiada por fibra en tiempo real**.

En un [trabajo previo](#) del grupo del Prof. Pruneri, los investigadores ya habían empleado una fibra óptica para transmitir correlaciones cuánticas espaciales. En este caso, sin embargo, la fibra óptica no solo transmite pares de fotones espacialmente correlacionados, sino que también ilumina con ellos una muestra distante, lo que permite **obtener imágenes de regiones que de otro modo resultarían inaccesibles**. El método presentado es, por tanto, **adecuado para la endoscopia**, una técnica mínimamente invasiva en la que el tejido biológico opaco oculta al objeto bajo estudio.

Además, los investigadores desarrollaron una cámara de diodos de avalancha de fotón único (SPAD, por sus siglas en inglés) personalizada específicamente para la QGI. El diseño permite correlacionar temporalmente las detecciones de los fotones señal con los tiempos de llegada de los idler directamente en los píxeles de la cámara. Gracias a esta capacidad de correlacionar las mediciones en el propio chip, **ya no hay necesidad de externalizar dicho procesamiento**, tal como requieren las técnicas de vanguardia, evitando así la latencia y, en consecuencia, permitiendo tomar por primera vez **imágenes cuánticas en tiempo real**.

De cara al futuro, los investigadores esperan mejorar la cámara SPAD para que pueda capturar imágenes más rápidamente y con un mayor número de píxeles, así como generar pares de fotones con frecuencias ampliamente separadas. *¿Una ventaja crucial de la imagen cuántica fantasma en general es que la señal y el idler pueden tener frecuencias diferentes?* comenta el Dr. Alexander Demuth, primer autor del artículo. *¿En nuestro experimento, esta separación fue pequeña y sirvió únicamente como prueba de concepto?* El siguiente paso natural es ampliarla. Idealmente, uno de los fotones podría situarse en el infrarrojo medio, donde no hay demasiados sensores de imagen disponibles, lo que permitiría realizar endoscopia mínimamente invasiva en este rango de frecuencia

Referencia:

Alexander Demuth, Robin Camphausen, Massimo Gandola, Enrico Manuzzato, Alessandro Tontini, Leonardo Gasparini, Valerio Pruneri, Real-time waveguided quantum ghost imaging, *Optica* (2025).

DOI: <https://doi.org/10.1364/OPTICA.574234>

Agradecimientos:

Agencia Estatal de Investigación (CEX2024-001490-S, MICIU/AEI/10.13039/501100011033, MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER); Fundación Cellex (ICFO CELLEX PhD-fellowship); FUNDACIO Privada MIR-PUIG; Centres de Recerca de Catalunya; Ministerio de Economía y Competitividad (MAGICAL: PID2022-137952NB-I00); Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PRTR-C17.I1); H2020 Future and Emerging Technologies (899580, H2020-FETOPEN-2018-2020); HORIZON EUROPE Digital, Industry and Space (101082596).