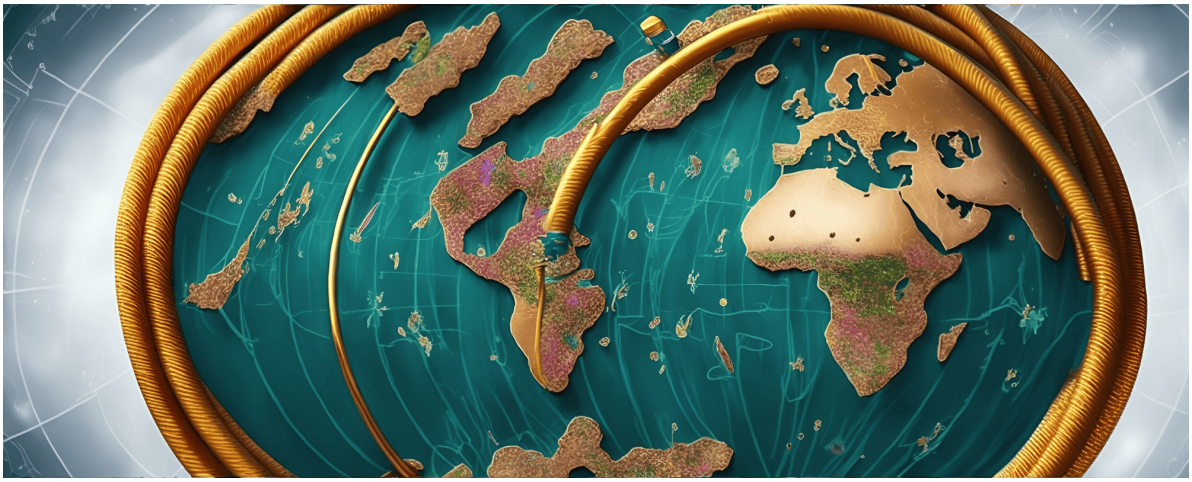
PREÁMBULO

Editorial: ¿qué es la segunda revolución cuántica?

Apuntes sobre nuevas tecnologías

Lluís Torner, Anna Sanpera



Representació artística de cables quàntics. Conceptualització: Luisa Quiroga

El mundo se confronta siempre con nuevos retos y problemas. La visión antropocéntrica del universo, durante siglos tan fuertemente arraigada en nuestra sociedad, empieza a chirriar en el momento en que se ven algunas de sus consecuencias. A la hora de escribir estas líneas, somos bien conscientes de algunos de los desafíos presentes: observamos —asombrados— el cambio climático; tomamos conciencia de la destrucción de la biodiversidad, del sesgo de género, de la necesidad de asegurar agua potable para todo el mundo, del despilfarro energético, de la propagación de la desinformación… Y buscamos soluciones a nuestro alcance: sociales, económicas, filosóficas, tecnológicas, etc. Las soluciones tecnológicas se derivan de nuestros descubrimientos científicos y tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de todo el mundo.

Por primera vez en la historia de la humanidad, somos capaces de manipular —de manera bastante precisa— el mundo en el ámbito atómico, iniciando lo que denominamos la segunda revolución cuántica. La física cuántica no es una teoría nueva: se descubrió durante las primeras décadas del siglo XX y describe el comportamiento de los constituyentes del universo a escala atómica. Es una teoría fisicomatemática extremamente precisa a la hora de probar y predecir nuevos efectos, pero a menudo nos muestra que el funcionamiento de nuestro mundo no se corresponde con el conocimiento que adquirimos

mediante la experiencia. Algunos conceptos básicos de la teoría tienen unas implicaciones fuertemente contra intuitivas desde una perspectiva de la vida cotidiana y de sus implicaciones cuando queremos interpretar qué es la realidad. No obstante, las predicciones que hace la física cuántica han estado siempre correctas a la hora de explicar cómo se comporta el mundo a escala atómica, y sus efectos más extraños han sido probados reiteradamente, manifestando una concordancia exquisita con las predicciones de la teoría.

No tan sólo eso: una parte del comportamiento del mundo a escala atómica que describe la cuántica ya hizo posible un avance tecnológico inmenso a mediados del siglo XX. Es lo que actualmente denominamos la *primera revolución cuántica*. Entre otras cosas, nos permitió la comprensión y la utilización de los materiales semiconductores y, por lo tanto, la aparición del transistor y de la electrónica en la forma en que los conocemos hoy. Otro producto de la primera revolución cuántica es el láser y todas sus aplicaciones. El transistor y el láser, esenciales para la electrónica y la fotónica, respectivamente, han hecho posible las tecnologías de la computación y de las comunicaciones, que están presentes por todas partes, y que definen lo que conocemos como sociedad digital: conectividad, internet global, robotización y la llamada inteligencia artificial son, en parte, elementos definitorios del mundo actual. La influencia de la cuántica también está presente en los aparatos de imagen avanzada y de diagnosis utilizados rutinariamente en los hospitales: la resonancia magnética, la tomografía avanzada (por ejemplo, los aparatos de resonancia magnética nuclear, RMN, y de tomografía por emisión de positrones, PET), el instrumental quirúrgico o algunas terapias para oncología son producto también de la utilización de técnicas derivadas de la primera revolución cuántica.

La segunda revolución cuántica

La posibilidad de manipular por primera vez los átomos a escala individual da lugar a lo que denominamos *segunda revolución cuántica.* Los átomos, si están bien aislados, pueden estar en superposiciones cuánticas —estados que los representan aquí y allí a la vez—, como ilustra el famosísimo ejemplo del gato de Schrödinger. Además, somos capaces de hacer que dos átomos interaccionen entre ellos y se vuelvan correlacionados, aunque después estén separados. Es lo que se denomina el *entrelazamiento cuántico*, que tanto incomodaba a Einstein, y que da lugar a efectos tan sorprendentes como la teleportación de estados cuánticos (no de materia); la comunicación absolutamente privada, es decir, sin posibilidad de ser espiada/falseada, o la imposibilidad absoluta de copiar/clonar estados cuánticos, mientras que las cámaras de nuestros teléfonos copian cualquier imagen sin problema. Así pues, las propiedades intrínsecamente cuánticas del mundo a escala atómica hacen posible crear tecnologías que, de otra manera, serían imposibles. El ejemplo paradigmático es la computación cuántica, que en principio —pero todavía no en la práctica— podrá realizar operaciones de cálculo irrealizables con ordenadores clásicos de cualquier potencia de cálculo imaginable.

> Per primer cop en la història de la humanitat, som capaços de manipular de manera prou precisa el món en l'àmbit atòmic, cosa

> que inicia el que anomenem segona revolució quàntica

Con lo que sabemos hoy, no diríamos que la segunda revolución cuántica tenga que ser tan transformadora para nuestra civilización como lo ha sido la primera a lo largo de los últimos 50 años. No obstante, tampoco consta que nadie fuera capaz —con la excepción de algún escritor de ciencia-ficción— de predecir, durante la década de 1960, lo que aquella revolución ya ha convertido en realidad hoy. Sin pecar de arrogancia, se puede aspirar a adivinar cómo evolucionará la ciencia y la tecnología en los próximos 6 o 10 años, descontando alguna sorpresa, siempre bienvenida. ¿Pero quién ve con ánimos de predecir cómo será la tecnología dentro de 50 años, es decir, en la década de 2070?

Lo que es del todo seguro es que el mundo será muy diferente entonces y que, visto el carácter fundamental de los principios que rigen el funcionamiento de la naturaleza tal como hoy los conocemos, las futuras tecnologías que habrán emergido de la exploración del mundo cuántico contribuirán a transformarlo. ¿En qué grado y en qué ámbitos? ¿Qué impacto social tendrá el futuro internet cuántico? ¿Qué enfermedades podrán diagnosticar mejor los futuros sensores cuánticos? ¿Cuántos años se tardará en desarrollar un ordenador cuántico de propósito general realmente potente? Todas estas son preguntas que hoy nos empezamos a plantear.

En cualquier caso, la humanidad de los próximos decenios tendrá que abordar retos formidables en muchos ámbitos, tanto económicos como organizativos y sociales. Por ejemplo, hará falta desarrollar nuevos materiales con propiedades radicalmente nuevas y utilizar energías respetuosas con el planeta. El conocimiento más profundo descrito por la física cuántica, que ya empezamos a avistar en el ámbito de materiales, de procesos químicos y de cómo funciona el mundo a escala microscópica, tendría que aportar algunas de las soluciones.

Una reflexión orientada al futuro

En este monográfico de la Revista IDEES hemos recogido artículos que analizan varios ámbitos de la ciencia y de las tecnologías cuánticas, desde aspectos prácticos hasta implicaciones conceptuales y culturales, pasando por el estado de la cuestión en el mundo, con especial énfasis en la Unión Europea. Algunos de los artículos incluyen el despliegue de tecnologías de ciberseguridad, sensores para medicina y computación, y las implicaciones industriales de todo ello. El resto de textos aportan reflexiones filosóficas, históricas, artísticas y de gobernanza. Los autores de los artículos son expertos mundiales en sus ámbitos, hecho que garantiza el rigor y la estricta actualidad de sus contribuciones.

Agradecemos a los responsables de la Revista IDEES su visión al proponer la publicación de este número, y a las autoras y autores sus contribuciones. Invitamos a todo el mundo a disfrutar del resultado: a buen seguro que interesará y motivará estudios más profundizados.



Lluís Torner

Lluís Torner es director del Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), un centro de referencia internacional que desarrolla investigación en el ámbito de la fotónica y sus aplicaciones. Es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Barcelona (1986) y doctor por la Universidad Politécnica de Catalunya (1989), donde es catedrático desde el año 2000. Ha sido elegido *Fellow* de diversas sociedades, entre ellas la Optical Society of America, la European Optical Society y la European Physical Society. Es asesor de numerosas entidades públicas y privadas de Europa, Estados Unidos de América, Canadá, Australia y la Comisión Europea. Ha recibido la Medalla Monturiol, el premio de liderazgo de ámbito mundial otorgado por la Optical Society of America y el Premio Nacional de Investigación, entre otros reconocimientos. Fue presidente de la Asociación Catalana de Entidades de Investigación (ACER) durante el período 2009-2014.



Anna Sanpera

Anna Sanpera es profesora de investigación ICREA en el grupo de Información Cuántica de la Universidad Autónoma de Barcelona desde el año 2005. Ha sido investigadora en la Universidad de Oxford, en la Universidad de París-Saclay y en la Universidad de Leibninz, en Hannover, donde fue profesora asistente. Sus intereses de investigación van desde la teoría de la información cuántica hasta los gases cuánticos. Actualmente, está trabajando en la relación entre la información cuántica y la materia condensada. Colabora con distintos grupos de investigación de ámbito nacional e internacional.