

Quantum revolution, unimaginable disruption

Abstract:

A pioneering technology, unknown to much of the world's population, quantum, could radically change the balance of power and our understanding of reality. In the near future, quantum computing will create unprecedented computing power, with applications that will have a major impact on fields such as medicine, materials and physics, but also on the military and international relations. As in the last century, today two great superpowers, the United States and China, are vying for hegemony in various fields and, as in the nuclear or space race, it is the latest technologies that will determine who wins the competition. In this scenario, being the quantum power is only possible for a winner and the only room for the runner-up is defeat.

Keywords:

Quantum. Computation. Encryption. Hegemony. USA. China. Europe.

Cómo citar este documento:

CORRAL HERNÁNDEZ, David. *Revolución cuántica, disrupción inimaginable*. Documento de Opinión IEEE 22/2025. [enlace web IEEE](#) y/o [enlace bie³](#) (consultado día/mes/año)

Una nueva realidad cuántica

En el primer cuarto del siglo XX nombres tan reconocidos y brillantes como los de Albert Einstein, Max Planck, Niels Bohr, Werner Heisenberg o Erwin Schrödinger, descubrieron nuevas leyes fundamentales de la naturaleza explicando los fenómenos microscópicos a través de la física y la mecánica cuántica. Era la primera revolución cuántica, un paso que permitió la llegada de tecnologías como las armas nucleares, los láseres, los semiconductores o sistemas de navegación y geolocalización como el GPS estadounidense o el Galileo europeo. Ahora, la segunda revolución cuántica está en marcha.

La física cuántica se dedica a explorar, investigar, conocer y tratar de explicar un mundo en el que reina la incertidumbre, el de las escalas atómicas y subatómicas y las partículas elementales, las más pequeñas conocidas en nuestros días (quarks, leptones, neutrinos, bosones, etc.). En el estado actual de la ciencia, se cree que no están formadas por componentes más pequeños ni se ha demostrado que posean estructura interna. Existen dos tipos, los bloques que constituyen y dan forma a nuestro universo conocido, la materia, que se agrupan entre sí y que denominamos fermiones, y las partículas encargadas de las interacciones entre ellos, los bosones.

El comportamiento de las cosas pequeñas y de la energía en este mundo es extraño, con una alta intervención de la probabilidad o el principio de incertidumbre, y suceden cosas inimaginables, como que una partícula pueda estar en dos estados o lugares a la vez. Es la famosa paradoja del gato de Schrödinger en la que puede, según la física cuántica, estar vivo y muerto a la vez, un enorme desafío para nuestra comprensión de la realidad y del universo o de lo que denominamos la “normalidad”.

Para conocer los extravagantes diseños de la física cuántica, además de los trabajos o las avanzadas investigaciones que están llevando en la actualidad físicos e instituciones científicas mundiales, se emplea una herramienta singular, el acelerador de partículas. Este aparato, como dice su nombre, acelera partículas mediante campos magnéticos para que interactúen (choquen entre ellas) y den lugar a otras partículas, antipartículas, fotones, etc. con las que simular o ayudar a hacer realidad teorías que permitan avanzar en el conocimiento de este mundo y sus posibilidades. Aunque el más conocido, especialmente en Europa, sea CERN de Ginebra, existen más de 20.000 repartidos por todo el planeta.

Las tecnologías cuánticas se dividen en tres grandes grupos. La medición cuántica (sensorización cuántica), que mide y detecta señales muy débiles, como las trazas de los submarinos. La comunicación cuántica, que permite la transmisión segura de información a grandes distancias y a mayores velocidades que las comunicaciones actuales. Y la aplicación más cercana a la realidad y en la que más están invirtiendo las principales naciones, la computación cuántica o “quantum computing”. Aunque los enfoques divergen, promete resolver problemas de manera más eficiente, precisa y rápida que la informática clásica utilizando los principios de la física cuántica.

Pionera y emergente, tanto a nivel experimental como industrial, va más allá de lo que percibimos y a lo que aplicamos las leyes clásicas, incorporando los distintos estados de los fotones o electrones en una extravagante propiedad, la superposición, una posibilidad teórica que ya se ha hecho realidad. El componente fundamental en la computación cuántica es el bit cuántico o “cúbit”, una partícula básica de la física como fotones, electrones, iones atómicos atrapados, circuitos superconductores o átomos. A diferencia del bit en la computación clásica, puede adoptar simultáneamente cualquier combinación lineal entre 0 y 1 y los estados intermedios dado que una de sus propiedades es que puede estar en varios estados a la vez. La superposición junto la interferencia y al entrelazamiento, descrito por Einstein como la “acción fantasmal a distancia”, multiplica la capacidad de procesamiento y transmisión de la información de forma mucho más potente.

A pesar de los avances, la computación cuántica encuentra todavía en nuestros días limitaciones significativas. Uno de los principales obstáculos para lograr avances es que, por su propia naturaleza, los cúbits son inestables porque interactúan continuamente entre sí y cuanto más complejo es un ordenador cuántico, cuantos más cúbits tiene, más interactúan estos y más errores se producen, desvirtuando la precisión de los resultados. Otros obstáculos son los costes en aumento pues, cuanto más grandes son los ordenadores cuánticos, más refrigeración necesitan (sus condiciones operativas precisan temperaturas cercanas al cero absoluto) o mantenimientos más complejos, además de que son increíblemente sensibles a interferencias o al “ruido” de su entorno como vibraciones, calor, luz, defectos microscópicos en los materiales, interferencias electromagnéticas, rayos cósmicos o radiación ionizante... alteraciones imperceptibles que pueden perturbar el cálculo y alterar el resultado, un problema que se ve agravado cuanto más grande es la instalación.

Un mundo cuántico en competición

Arrancamos 2025, declarado Año de la Ciencia y la Tecnología Cuántica por Naciones Unidas¹, con un relevo que definirá el mundo y sus relaciones en los próximos años, la llegada de Donald Trump a la Casa Blanca. La tecnología es, claramente, una de sus prioridades y ya es “oficial” la guerra entre Washington y Pekín en este ámbito. Poco después de tomar posesión, rodeado por los directivos de las principales empresas tecnológicas mundiales, firmó Stargate2, un proyecto que tendrá una inversión estimada de 500.000 millones de dólares y que pretende mantener a EE.UU. como la primera potencia mundial de inteligencia artificial para competir, con ventaja, contra el rápido auge de China y su apuesta por la cuántica en tecnología militar.

La consultora McKinsey³ estima que, para el año 2030, habrá 5.000 ordenadores cuánticos en funcionamiento, aunque hasta 2035 no se desarrollará el hardware y el software necesario para manejar la mayoría de problemas complejos y es probable que, pese a todos los grandes avances experimentales y científicos, todavía falten años para aplicaciones habituales y accesibles en el mundo real. Sus avances tendrán un significativo impacto en la investigación y el desarrollo científico, pero también en las finanzas, la medicina, los procesos industriales, la logística y, por supuesto, en las comunicaciones, la criptografía y la defensa.

Más allá de las evidentes aplicaciones económicas o comerciales de la tecnología cuántica, hay crecientes cuestiones de seguridad nacional que dominan las relaciones entre Washington y Pekín. Es difícil predecir, incluso imaginar, el poder que tendría una de ellas, o de sus principales empresas, si consigue la supremacía cuántica. Sí que es posible vislumbrar la urgencia económica y política para lograrla antes de que el equilibrio mundial se transforme o se desintegre drásticamente en una carrera en la que ganar es el único objetivo posible y en la que perderla no es opción ni para EE.UU. ni para China.

El vencedor tendrá los laureles simbólicos, como también, en sus manos, ventajas en criptología, detección y procesamiento de la información, en los dominios militares y

¹ "2025 Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas". UNESCO. Disponible en: <https://quantum2025.org/es/>. Fecha de consulta: 06/03/25.

² JIMÉNEZ DE LUIS, Ángel. "Trump anuncia una inversión de 500.000 millones de dólares para mantener a EEUU como la primera potencia mundial de inteligencia artificial". El Mundo. Disponible en: <https://www.elmundo.es/economia/2025/01/22/6790f322e4d4d895538b4581.html>. Fecha de consulta: 06/03/25.

³ "What is quantum computing?". McKinsey & Company. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-quantum-computing>. Fecha de consulta: 06/03/25.

estratégicos en disputa o la hegemonía de la gobernanza cuántica y de una nueva “economía cuántica” que podría crear una gran brecha tecnológica, industrial y de conocimiento con el resto de naciones. Se prevé que solo la computación cuántica alcance un valor de mercado mundial de un billón de dólares en 2035.

Aunque la naturaleza fundamental de la guerra permanezca constante, las estrategias militares deben evolucionar en respuesta a las capacidades que permiten las nuevas tecnologías emergentes y disruptivas. Las tres aplicaciones más prometedoras son los ordenadores cuánticos, las comunicaciones cuánticas, con las que proporcionar un alto nivel de seguridad, y los sensores cuánticos, que podrían utilizarse en funciones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR), con los que detectar emisiones electromagnéticas, localizar y neutralizar submarinos o fuerzas adversarias ocultas, descubrir estructuras subterráneas o materiales nucleares, entre otras posibilidades.

La aplicación potencial de la cuántica promete grandes avances en una amplia gama de áreas y ámbitos al mejorar significativamente la capacidad de medición, detección, precisión y potencia de cálculo, así como la eficiencia de la tecnología militar actual y futura. Los algoritmos de optimización cuántica podrían aumentar la eficacia operativa y reducir los recursos necesarios, como la planificación logística, la defensa antimisiles o la gestión de fuerzas desplegadas. El criptoanálisis cuántico podría diversificar las operaciones cibernéticas y la simulación cuántica, favorecer el desarrollo de materiales más robustos, ligeros, eficientes, baratos de fabricar...

De momento, a corto plazo, la tecnología cuántica no sustituirá a las actuales, sino que las mejorará sumándose a ellas. La mayoría de las tecnologías de la segunda revolución cuántica están aún a décadas de aplicaciones prácticas y regulares.

EE.UU. Complejo liderazgo cuántico

En octubre de 2019 un equipo de investigadores de la compañía Google logró un gran avance, superar a los ordenadores convencionales más potentes para proclamar que habían logrado la supremacía cuántica con un ordenador basado en esta tecnología. Su último salto ha sido el nuevo chip cuántico “Willow”⁴, presentado recientemente, capaz de completar una tarea estándar de referencia empleada para medir rendimientos en un

⁴ CASTELVECCHI, Davide. “A truly remarkable breakthrough”: Google’s new quantum chip achieves accuracy milestone”. Nature. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-024-04028-3>. Fecha de consulta: 06/03/25.

ensayo en menos de cinco minutos, cuando una supercomputadora clásica tardaría, con una “escasa diferencia”, más tiempo que la edad conocida del universo. “Willow” destaca no solo por su velocidad, también por superar un problema que ha limitado los avances desde 1995, la reducción exponencial de errores cuánticos a medida que el tamaño del sistema aumenta.

Google, junto a otras grandes tecnológicas de EE.UU. como Amazon con “Ocelot”⁶, Intel, Microsoft con “Majorana 1” o IBM, líder mundial con su plataforma Heron (5K) dotada de mitigación de errores o el procesador cuántico superconductor “Condor” de 1.121 cúbits, junto a docenas de empresas menores o emprendedores, compiten globalmente por estar en la vanguardia en todas las disciplinas de la carrera para lograr la supremacía cuántica.

Gracias a una sólida mezcla de subvenciones públicas, instituciones académicas y competitividad de las grandes corporaciones privadas, Estados Unidos siempre había mantenido una gran ventaja en la carrera por la computación cuántica. En la década de los Noventa la administración estadounidense consideró que la computación cuántica tenía un potencial gigantesco y apoyó su desarrollo facilitando el camino para los avances posteriores y la tecnología cuántica ha sido un área prioritaria de investigación y desarrollo (I+D) federal para las últimas administraciones.

Durante su primer mandato, la Administración Trump anunció, a través de la Oficina de Política Científica y Tecnológica (OSTP) de la Casa Blanca, el lanzamiento⁷ de Quantum.gov, el sitio web oficial de la Oficina Nacional de Coordinación Cuántica, y la publicación del “Informe Quantum Frontiers”, en el que se identifican las áreas clave para la investigación continua de la ciencia de la información cuántica. Además, el entonces presidente promulgó la Iniciativa Nacional de Computación Cuántica⁸ para acelerar el liderazgo estadounidense en ciencia y tecnología de la información cuántica y tratar de

⁵ "VOA Mandarin: Quantum technology a key battleground in US-China competition". VOA. Disponible en: <https://www.voanews.com/a/voa-mandarin-quantum-technology-a-key-battleground-in-us-china-competition-7921654.html>. Fecha de consulta: 06/03/25.

⁶ "Ocelot, el nuevo chip cuántico de Amazon que avanza en la corrección de errores". Infobae. Disponible en: <https://www.infobae.com/america/agencias/2025/02/27/ocelot-el-nuevo-chip-cuatico-de-amazon-que-avanza-en-la-correccion-de-errores/>. Fecha de consulta: 06/03/25.

⁷ "Trump Administration Announces Quantum.Gov and Quantum Frontiers Report". The White House. Disponible en: <https://www.quantum.gov/trump-administration-announces-quantum-gov-and-quantum-frontiers-report/>. Fecha de consulta: 06/03/25.

⁸ "National Quantum Initiative Supplement to the President's FY 2025 Budget". The National Science and Technology Council (NSTC). Disponible en: <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2024/12/NQI-Annual-Report-FY2025.pdf>. Fecha de consulta: 06/03/25.

impedir que China se convirtiera en una potencia mundial. Este compromiso ha supuesto desde entonces que se hayan invertido cientos de millones de dólares de presupuesto federal, dando lugar a años de investigación puntera y reforzando a la industria cuántica estadounidense.

Su sucesor, el presidente Joe Biden, firmó en 2022 la Ley CHIPS y de Ciencia para dotar con una mayor financiación a iniciativas cruciales de investigación cuántica. Además el Gobierno de EE.UU. cuenta con una estrategia nacional pública para la ciencia cuántica⁹, así como informes más detallados sobre subáreas específicas, y en ella trabajan más de una docena de agencias del ecosistema federal como el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST), la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF), el Departamento de Energía (DoE), el Departamento de Defensa (DoD), la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), la Agencia de Seguridad Nacional (NSA) y la Actividad de Proyectos de Investigación Avanzada en Inteligencia (IARPA). Por su parte la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA), con su programa Quantum-Assisted Sensing and Readout (QuASAR), ha logrado avances significativos en magnetometría cuántica.

A mediados de los años Cuarenta, todavía inmersos en la Segunda Guerra Mundial, Robert Oppenheimer proporcionó una superioridad tecnológica decisiva a Estados Unidos. Los recientes descubrimientos de la física cuántica abrieron la puerta a un nuevo orden mundial, nuclear, en el que Estados Unidos fue la primera potencia hegemónica. Décadas después, con otros competidores, Estados Unidos sigue en la carrera por desbloquear todo el potencial de la tecnología cuántica y lograr el arma suprema del siglo XXI ya es una de las muchas prioridades del Pentágono.

Aunque la brecha se está cerrando rápidamente, las Fuerzas Armadas de Estados Unidos aún mantienen algunas ventajas sobre las de China. El Comité Asesor de la Iniciativa Cuántica Nacional de Estados Unidos (NQIAC), ha instado a invertir más “para que Estados Unidos mantenga y amplíe su liderazgo en todas las tecnologías cuánticas”¹⁰. El Departamento de Defensa lleva mucho tiempo invirtiendo en

⁹ "National Strategic Overview for Quantum Information Science". The National Science and Technology Council (NSTC). Disponible en: https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018_NSTC_National_Strategic_Overview_QIS.pdf. Fecha de consulta: 06/03/25.

¹⁰ "NQIAC Report Highlights Strategic Investments and Recommendations to Secure U.S. Leadership in Quantum Networking and Communications". Quantum Insider. Disponible en: <https://thequantuminsider.com/2024/09/09/nqiac->

investigación cuántica, al igual que las agencias dedicadas a Inteligencia, y cuentan con los avances de las grandes empresas tecnológicas de EE. UU. y con aquellos logrados por una amplia comunidad académica y sus aliados políticos y militares en áreas como la detección, navegación y posicionamiento, actividades ciber...

La mayoría de las tecnologías de la segunda revolución cuántica aún están a décadas de distancia de la aplicación práctica, pero un reciente estudio de la OTAN, en el que la Alianza analiza las diez áreas más disruptivas del panorama científico de aquí a 2043, por su aplicación militar, tiene entre ellas, como no podía ser de otra, manera a las “tecnologías cuánticas” junto a otras tan relevantes como la IA, la robótica y los sistemas autónomos, la biotecnología y la bioingeniería, energía y propulsión, la hipersónica o las tecnologías espaciales.

La amenaza más acuciante que plantea el poder cuántico hostil para Estados Unidos, como para cualquier país del planeta, es la ciberseguridad. Quien logre el dominio cuántico tendrá una clara ventaja en la guerra cibernética, la recopilación de información y la seguridad de los datos, una ventaja que se hará evidente el día que llegue “el día Q”, momento crucial en el que los ordenadores cuánticos harán inútiles los sistemas de cifrado más robustos que utilizamos actualmente, alterando el equilibrio de poder internacional. De hecho, un equipo de investigadores de la Universidad de Shanghái (China) ha conseguido vulnerar con éxito el cifrado SPN (Substitution-Permutation Network)¹¹ utilizando un ordenador cuántico de D-Wave Systems... compañía canadiense. Tras este paso, los científicos chinos han concluido que los principales algoritmos de cifrado militar, como AES-256, considerado el estándar de cifrado más seguro que existe, podrían estar más cerca que nunca de ser inutilizados.

Todas las grandes potencias están desarrollando sus propias tecnologías de criptografía post-cuántica para asegurar que nadie accede a información clasificada sensible o infraestructuras críticas, entre otros activos vulnerables que todavía garantizan la seguridad nacional de Estados Unidos y sus socios, además del menguante dominio militar y económico de Occidente. La Agencia de Seguridad Nacional (NSA) de EE.UU. trabaja en colaboración con el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) para

report-highlights-strategic-investments-and-recommendations-to-secure-u-s-leadership-in-quantum-networking-and-communications/. Fecha de consulta: 06/03/25.

¹¹ Disponible en: <https://cjc.ict.ac.cn/online/onlinepaper/wc-202458160402.pdf>. Fecha de consulta: 06/03/25.

desarrollar y estandarizar algoritmos de encriptación resistentes a futuros ciberataques cuánticos¹².

La criptografía cuántica, para encriptar comunicaciones y blindar su inviolabilidad, establece comunicaciones más seguras mediante la generación cuántica de cifras sin ningún patrón, números realmente aleatorios e impredecibles (QRNG), y la distribución cuántica de claves (QKD), un método de encriptación teóricamente impenetrable que, también, genera claves aleatorias y secretas entre un emisor y un receptor. Si un hacker accede a un flujo de cúbits su estado mixto “colapsa” inmediatamente destruyendo la información cuántica y dejando una señal evidente de que ha sufrido un intento de espionaje. Según cifras de Statista, el mercado de la seguridad cuántica estaba valorado en 2022 en menos de 500 millones de dólares. La previsión es que en 2030 suponga 9.800 millones de dólares¹³.

China, contendiente cuántico

De momento Estados Unidos mantiene la superioridad en el desarrollo de capacidades cuánticas. En 2022 GlobalData estimaba que la ventaja respecta a China era de cinco años pero en la actualidad la evaluación es que ambos países están “casi igualados”. Desde que Xi Jinping llegó a la presidencia de la potencia comunista son muchos los campos en los que Pekín compite con Estados Unidos para definir un nuevo orden mundial pero, entre ellos, más allá de las capacidades militares o la economía, son todos los relacionados con la ciencia y la tecnología, y el impacto positivo que tienen en el prestigio y en favorecer las estrategias geopolíticas¹⁴, los que más importancia han ganado en los planes gubernamentales de alto nivel, con las tecnologías cuánticas entre los más destacados.

El Partido Comunista Chino ha hecho un llamamiento en favor de un “sistema de nación entera de nuevo estilo”, tratando de revivir el espíritu de finales de los años sesenta cuando, en muy poco tiempo, fueron capaces de desarrollar la bomba atómica. Pekín es muy consciente de que quien desarrolle primero las tecnologías cuánticas tendrá

¹² "NIST to Standardize Encryption Algorithms That Can Resist Attack by Quantum Computers". NIST. Disponible en: <https://www.nist.gov/news-events/news/2023/08/nist-standardize-encryption-algorithms-can-resist-attack-quantum-computers>. Fecha de consulta: 06/03/25.

¹³ "Quantum security market revenue worldwide from 2021 to 2030". Statista. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/1332857/quantum-security-market-revenue/>. Fecha de consulta: 06/03/25.

¹⁴ KANIA, Elsa B. y COSTELLO, John. "Quantum Hegemony?". Center for a New American Security. Disponible en: <https://www.cnas.org/publications/reports/quantum-hegemony>. Fecha de consulta: 06/03/25.

ventajas militares palpables en criptología, comunicación y procesamiento de la información, y que su dominio será crítico para la seguridad nacional, de la información y cibernética. Impulsadas desde el Gobierno, el Partido Comunista y las Fuerzas Armadas, más que desde empresas como Alibaba y Baidu o capital privado, como sucede en Occidente, las principales empresas cuánticas chinas lideran ya el desarrollo de las comunicaciones cuánticas y el número total de patentes y publicaciones científicas sobre tecnología cuántica.

En 2006 el innovador plan chino de ciencia y tecnología para 2020 incluyó el “control cuántico” y planteó una estrategia a largo plazo y con apoyo económico, industrial y académico garantizado por el Estado. Desde 2022 China ha invertido 15.000 millones de dólares en investigación y desarrollo industrial para alcanzar a Estados Unidos y en nuestros días el gasto es cuatro veces superior al estadounidense y supone más de la mitad de la inversión pública mundial estimada en esta tecnología.

Estas ambiciones cuánticas son fundamentales para el objetivo estratégico de Pekín de convertirse en una superpotencia, un poder que cuenta con una sólida base científica y tecnológica. De la tradicional absorción y copia de avances extranjeros, China, en una nueva etapa, busca ahora innovación autóctona y que sea verdaderamente disruptiva en tecnologías emergentes consideradas como estratégicas. A medida que avanza la estrategia nacional de “integración civil-militar”, estas tecnologías críticas también se aprovecharán para aplicaciones relacionadas con el ámbito militar y la seguridad.

Para crear nuevos centros de investigación cuántica en las universidades, el Gobierno está ofreciendo generosos fondos y cuenta con el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Información Cuántica, dotado con 10.000 millones de dólares, como centro de los objetivos cuánticos de China y nodo de las relaciones de trabajo entre la Academia China de Ciencias, institutos gubernamentales de investigación, universidades y empresas.

Aunque, como muchos otros proyectos emblemáticos de China, lo relacionado con las investigaciones cuánticas destaca por su opacidad y secretismo, sí que son conocidos sus éxitos y avances en campos como la detección, criptografía, comunicaciones, computación, navegación o radar, entre otras. Su primer hito fue en 2016, con el lanzamiento del satélite “Micius”, el primero cuántico del mundo, y en 2017, año en el que se creó el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Información Cuántica (NLQIS), protagonizó una videoconferencia entre Viena (Austria) y Pekín (China) inaccesible para

hackers. China cuenta con la mayor red de comunicaciones cuánticas del mundo, de 12.000 kilómetros de longitud, que une las principales ciudades del país para transmitir datos confidenciales de instituciones y empresas como bancos.

La Corporación China de Electrónica y Tecnología (CETC), la compañía de defensa electrónica más grande de China, presentó en 2018 un prototipo de radar que, según afirman, puede detectar las aeronaves furtivas mientras vuelan. Otras aplicaciones cuánticas son sensores capaces de detectar señales del campo magnético procedentes de un submarino o la propuesta por científicos chinos en colaboración con el Instituto de Óptica Cuántica e Información Cuántica (IQOQI) de Viena para el transporte de materia de forma más eficiente, y, entre la materia, proyectiles cuánticos¹⁵.

Baidu, una de las principales empresas tecnológicas chinas, presentó en 2022 su primer ordenador cuántico. En 2024 se logró uno de 72 cúbits y, en la actualidad, la potencia comunista cuenta ya con Tianyan-504, un superordenador dotado con un chip Xiaohong de 504 cúbits, desarrollo conjunto del Grupo Cuántico de China Telecom, la empresa especializada en tecnología cuántica QuantumCTek y el Centro de Excelencia en Información Cuántica y Física Cuántica de la Academia China de Ciencias, organismo del que han surgido varias empresas de éxito en el campo de las tecnologías cuánticas.

En respuesta a Estados Unidos y a algunos países europeos, que han incluido a gran parte del ecosistema cuántico de China en las listas de empresas con restricciones comerciales por considerar que sus tecnologías, en doble uso, apoyan el desarrollo de las ambiciones y poder militar de Pekín, la tecnología cuántica ya es parte del Catálogo de Tecnologías Prohibidas y Restringidas a la Exportación. De esta manera Pekín controla que todos sus avances no caigan en manos extranjeras no deseadas y que las exportaciones, de haberlas, solo sucedan tras ser aprobadas por el Gobierno.

Europa, a la zaga

Mientras EE. UU. y China compiten por el liderazgo mundial, Europa trata de no quedarse atrás o fuera, a pesar de que el premio Nobel europeo Anton Zeilinger sentó las bases de esta tecnología. Los países europeos son líderes en investigación cuántica, pero han tenido dificultades para traducir los resultados de sus investigaciones en aplicaciones

¹⁵ TRILLO, David; LE, Thinh P. y NAVASCUÉS, Miguel. "Quantum advantages for transportation tasks - projectiles, rockets and quantum backflow". Nature. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41534-023-00739-z>. Fecha de consulta: 06/03/25.

prácticas, lastrados por la falta de infraestructuras, de despliegue, de presupuestos o la falta de marcos conjuntos de toda la Unión para promover el desarrollo científico e industrial de las capacidades cuánticas.

En junio de 2019, para cambiar este panorama, la Comisión Europea anunció “EuroQCI”, su propuesta para la creación de la European Quantum Communications Infrastructure. Desde entonces se han ido desplegando en Chequia, Alemania, España, Francia, Italia y Polonia los primeros nodos de comunicaciones cuánticas. Estos nodos, de alcance urbano, estarán conectados entre sí a través de comunicaciones por satélite y se garantizará su invulnerabilidad gracias a IRIS2, el sistema de comunicaciones seguras por satélite promovido por la Comisión y que ha sido desarrollado por un consorcio en el que participa Hispasat. Un año después, en 2020, se presentó la “Strategic Research Agenda for the Quantum Flagship”¹⁶, una iniciativa de 10 años y 1.000 millones de euros cuyo objetivo es establecer una dirección clara para el futuro desarrollo de la investigación cuántica y la innovación en Europa. El fomento y desarrollo de tecnologías cuánticas también se busca a través de iniciativas como el Programa Horizonte Europa o la Ley Europea de Chips, que incluye medidas para fomentar la fabricación de chips cuánticos de bajo coste y gran volumen en la UE.

Para finales de este 2025 está previsto el lanzamiento del Eagle-117 de la Agencia Espacial Europea, la ESA, el primer satélite que incorpora comunicaciones encriptadas cuánticamente, un proyecto conjunto entre la ESA, la Comisión Europea y empresas espaciales europeas. En marcha está también QKD-GEO18, el primer sistema geoestacionario de distribución de clave cuántica español, que se prevé que esté listo para 2026, siendo el proyecto civil más avanzado del mundo en este sentido. Es una de las varias iniciativas en nuestro país.

Ya en 2021 se constituyó “Quantum Spain”, una UTE liderada por GMV y Qilimanjaro Quantum Tech, cuyo objetivo era construir un ordenador cuántico de 30 cúbits. Este ordenador, el primero cuántico español¹⁹ con tecnología 100% europea, se encuentra

¹⁶ “The future is Quantum”. Quantum Flagship. Disponible en: <https://qt.eu/>. Fecha de consulta: 06/03/25.

¹⁷ “Eagle-1”. ESA. Disponible en: https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/Eagle-1. Fecha de consulta: 06/03/25.

¹⁸ “Conoce el primer proyecto español de misión geoestacionaria de distribución cuántica de claves”. Gobierno de España. Disponible en: <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/Conoce-primer-proyecto-espanol-mision-geoestacionaria-distribucion-cuantica-claves-perte-aeroespacial-prtr>. Fecha de consulta: 06/03/25.

¹⁹ “El Barcelona Supercomputing Center acoge su primer ordenador cuántico que, con tecnología 100% europea, llevará a España hacia una nueva era de la computación.”. Gobierno de España. Disponible en:

desde septiembre de 2024 en el Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS)²⁰, institución de la RES (Red Española de Supercomputación), integrada por 14 nodos situados en distintas universidades e instituciones de investigación de toda España.

En 2022 el Centro de Supercomputación de Galicia (Cesga), de la Universidad de Santiago y Fujitsu alcanzaron un acuerdo para establecer un centro cuántico con un computador de 32 cúbits. La Fundación Vasca para la Ciencia e IBM anunciaron en 2023 un acuerdo para instalar en San Sebastián un Centro de Computación Cuántica. El proyecto "CUCO" (Computación Cuántica en Industrias Estratégicas), el primer gran proyecto de computación cuántica a nivel nacional y empresarial, invertirá hasta 200 millones de euros en empresas dedicadas al desarrollo de la computación cuántica en España. Subvencionado por el CDTI con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial, CUCO está liderado por GMV y cuenta con empresas e instituciones como BBVA, Repsol, Tecnalia, Das Photonics, AMATECH Group, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), Universidad Politécnica de Valencia (UPV) o Donostia International Physics Center (DIPC).

Pendientes de que próximamente el Gobierno presente la Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas desde Quantum Spain, en cuyo desarrollo participa el Ministerio de Defensa, la Red Española de Supercomputación y las instituciones de investigación más punteras, trabajan en la creación de la primera infraestructura de computación cuántica de España.

En una carrera contrarreloj, compleja y silenciosa, por mundos poco conocidos, cada minuto que pasa, acelerada además por la inteligencia artificial, la computación cuántica aumenta exponencialmente sus posibilidades de éxito.

Sin embargo, para la Humanidad, es un éxito que está lleno de incertidumbres. Como sucede con otras tecnologías y armamentos ¿serán capaces las grandes potencias o las instituciones internacionales de establecer unas reglas de juego que superen el marco

<https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transformacion-digital-y-funcion-publica/Documents/2025/060225-primer-ordenador-cuantico-infografia.pdf>. Fecha de consulta: 06/03/25.

²⁰ BRACERO, Francesc. "España estrena en el BSC el primer ordenador cuántico creado con tecnología europea". La Vanguardia. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/vida/20250206/10359654/espana-estrena-bsc-primer-ordenador-cuantico-creado-tecnologia-europea.html>. Fecha de consulta: 06/03/25.

de la confrontación y que sean aceptadas y respetadas por la comunidad internacional? ¿Aparecerán agentes, Estados o incluso empresas, de menor nivel que las “grandes”, que accedan a estas tecnologías con fines no pacíficos? ¿Hacia dónde derivarán los desarrollos que se produzcan gracias al mejor conocimiento de las partículas subatómicas y sus potenciales inimaginables en combinación con aplicaciones de Inteligencia Artificial? Lo ocurrido con la energía atómica, Internet, inteligencia artificial, criptomonedas y tantos otros avances científicos hace ser, como poco, prudente y exige que nos preparemos concienzudamente para garantizar que nuestros valores y forma de vida no se vean alterados por la utilización perniciosa de este nuevo arsenal.

*David Corral Hernández**
Periodista RTVE