

Google Quantum AI en Santa Bárbara (California, EE. UU.) integra el chip Willow que posiciona a Google en cabeza de la carrera cuántica.

Las aplicaciones industriales y comerciales de la computación cuántica están cocinándose. La industria mundial está en marcha. Grandes empresas y gobiernos toman posiciones ante el despegue de una nueva revolución. ¿El momento es ahora?

TEXTO: DARIÓ PESCADOR

LA INVERSIÓN EN COMPUTACIÓN CUÁNTICA,

¿AHORA O NUNCA?

S

i tuviéramos una máquina del tiempo y pudiéramos volver a finales de los años 90, en los albores de la revolución de internet, sabiendo lo que sabemos ahora, no se nos ocurriría comprar acciones de pets.com, aquel negocio fallido de reparto a domicilio de comida de mascotas, ni tampoco de Yahoo, que hoy es una sombra de lo que fue. En su lugar, esperaríamos unos años para apostar por una prometedora tienda de libros llamada Amazon, o un nuevo buscador llamado Google.

Esta historia tan reciente puede servir para entender cómo se mueve la inversión en la otra gran revolución pendiente del milenio: la computación cuántica. En internet, los primeros en llegar no siempre fueron los ganadores. La computación cuántica está entrando ahora en esa misma fase de incubación estratégica. Los inversores se preguntan, lógicamente, quién será el Yahoo y quién el Google de la cuántica.

Aún hay otro ejemplo más reciente. Por encima de todas las turbulencias políticas y sociales del mundo de hoy en día, es muy probable que estos años pasen a la historia como la primavera de la inteligencia artificial: atrae inversiones gigantescas, domina la conversación tecnológica y se vende como la gran revolución que cambiará el mundo, sea hacia la utopía o hacia el apocalipsis. Pero hace apenas unos años, la inteligencia artificial atravesaba un largo invierno y el término bastaba para espantar inversores.

Los problemas prácticos de la IA se empezaron a solucionar con los avances en procesadores y capacidad de cálculo. Ahora la computación cuántica, como motor de una nueva revolución, se enfrenta a obstáculos ▶

“Ningún país quiere depender de hardware, software o talento controlados desde fuera”



Sergio Boixo
Director de Quantum Computing,
Google Quantum AI

Aunque los procesadores cuánticos actuales ya actúan como instrumentos fundamentales para el descubrimiento científico, su potencial comercial sigue sin materializarse debido a las limitaciones impuestas por el ruido y los errores en sistemas experimentales. Históricamente, el aumento del número de cúbits solo incrementaba la tasa de error, lo que impedía realizar cómputos a gran escala. Pero en Google hemos logrado demostrar experimentalmente que ya hemos cruzado ese umbral crítico, marcando un cambio fundamental hacia la viabilidad de la computación cuántica.

Personalmente, considero que el descubrimiento de usos prácticos se acelerará una vez que dispongamos de ordenadores cuánticos a escala con los que intentar desarrollar aplicaciones. Sin embargo, cada vez que hemos hecho una colaboración con referentes industriales hemos encontrado aplicaciones de gran relevancia. Entre ellas, destacan la optimización de baterías eléctricas junto a BASF, la investigación farmacéutica con Covestro y el avance en la fusión nuclear para generar energía limpia e ilimitada con Sandia National Laboratories.

Marta P. Estarellas
CEO de Qilimanjaro
Quantum Tech



La computación cuántica deja de ser solo una promesa científica y empieza a posicionarse como una pieza clave en la infraestructura tecnológica del futuro. Necesitamos capital valiente, inversión pública, demanda estratégica y talento, además de coherencia en cómo se articulan las piezas. La inversión pública es clave para activar el ecosistema. Pero no es suficiente. Hace falta capital privado paciente pero, sobre todo, valiente, con mentalidad de largo plazo.

La contratación pública y las licitaciones no solo financian, sino que generan mercado, validan tecnología y ayudan a consolidar un tejido industrial alrededor de estas compañías. Además, sin invertir en el desarrollo de hardware propio, no habrá soberanía tecnológica ni capacidad real de competir. Y tenemos la responsabilidad y la oportunidad de atraer y retener el talento, construyendo un ecosistema que conecte academia e industria de forma real.

Si conseguimos alinear estos cuatro elementos, construiremos empresas y conseguiremos una posición sólida de España y Europa en la carrera cuántica.


Silvia Carrasco

Vicedirectora de Innovación,
Investigación Financiada
y Compromiso Público en
ICFO (Instituto de Ciencias
Fotónicas)

Un avance relevante ha sido el reciente descubrimiento del potencial de los futuros ordenadores cuánticos de tamaño modesto para procesar cantidades masivas de datos clásicos de diversos orígenes. Este hallazgo consolida la relevancia futura de la computación cuántica. Por cercanía a mis conocimientos y actividades, **considero particularmente estratégicas las inversiones en chips fotónicos de todo tipo, así como el apoyo decidido a empresas emergentes basadas en tecnología española y europea en general.**

En comunicaciones, se han anunciado reducciones de varios órdenes de magnitud en el número de cúbits necesarios para implementar el algoritmo de Shor que hace vulnerables varios sistemas de criptografía tradicionales. Todo esto se une a la decisión, ya anticipada por la máxima autoridad estadounidense del ámbito, de declarar obsoletos a partir de 2030 varios de los sistemas de criptografía de amplio uso actual. Los sistemas de ciberseguridad postcuántica y de distribución de claves cuánticas ya son una realidad industrial, en particular en España.


Prof. Román Orús, PhD

Cofundador y director
científico de Multiverse
Computing. Profesor de
Investigación Ikerbasque
en el Donostia International
Physics Center (DIPC)

La inversión en tecnología cuántica ha empezado a convertirse en una realidad empresarial, si bien aún un poco incipiente. No obstante, las principales empresas y actores industriales ya están realizando proyectos y pruebas piloto para resolver casos de uso relevantes mediante tecnologías cuánticas. Hemos observado esto en numerosos verticales, incluyendo especialmente el sector financiero, la logística, el sector de las biociencias y la defensa. También hay un auge del interés por el uso de las tecnologías cuánticas en combinación con la inteligencia artificial.

Las tecnologías inspiradas en cuántica permiten aportar valor real en el corto plazo, es decir, pueden desplegarse de manera inmediata y mejorar procesos industriales relevantes. Por otra parte, tales tecnologías son también el paso natural intermedio de cara a la implementación de soluciones puramente cuánticas en el medio y largo plazo.



Los procesadores
cuánticos de
planqC utilizan
átomos en
cristales de luz
artificial.


Dr. Alexander Glätzle

CEO y cofundador de planqC

En los últimos dos años, la computación cuántica con átomos neutros que desarrollamos en planqC ha dejado de ser una apuesta de investigación pura para convertirse en una hoja de ruta de ingeniería. La cuestión ya no es simplemente si los átomos neutros son científicamente atractivos, sino si pueden transformarse en sistemas industrialmente útiles en un plazo creíble. En comparación con 2021 o 2022, esto es mucho más claro hoy en día, lo que hace que asistamos a un momento más racional para que los inversores se involucren. Es importante no equiparar “más cúbits” con un avance comercial real. **Una matriz más grande es un logro técnico importante, pero eso por sí solo no significa que un sistema esté más cerca de ofrecer una ventaja cuántica útil.**

El hito reciente más significativo es la transición de los cúbits físicos a los cúbits lógicos, pero los inversores tampoco deben fijarse únicamente en los cúbits lógicos: también deben tener en cuenta las fidelidades de las puertas. Solo las operaciones con una fidelidad suficientemente alta hacen posible la corrección de errores y un rendimiento lógico útil. Al fin y al cabo, el progreso comercial no depende solo de la física, sino también de la ingeniería, de si estas capacidades pueden traducirse en sistemas robustos que funcionen fuera del laboratorio.

formidables. Su puesta en marcha depende de avances en física básica aún en fase experimental. Además, hay un fuerte componente geopolítico, e imponentes barreras de ingeniería. ¿Demasiadas incógnitas para la inversión?

EL RIESGO DE LLEGAR DEMASIADO PRONTO

Un pilar de la economía mundial actual es el análisis de datos, que consume enormes cantidades de energía y recursos de computación. La promesa de la computación cuántica es la capacidad de realizar esos cálculos de forma más rápida y eficiente, algo que revolucionará los mercados financieros, la medicina, la ciencia de materiales, la producción y el almacenamiento de energía, la logística, la seguridad informática, el modelado climático y, sobre todo, la inteligencia artificial. Como ocurrió con internet, el mundo no volverá a ser el mismo.

Sin embargo, esta vez el reto no es construir un módem más rápido o tender más fibra óptica, sino evitar los errores en sistemas que funcionan en los límites de la materia, cerca del cero absoluto (a -273 °C), o que usan átomos individuales controlados con láseres. Si Apple nació en un garaje, usando componentes comerciales, los pioneros de la cuántica trabajan en laboratorios dignos de una película de James Bond, dependientes de enormes capitales.

Con todo esto, la inversión global en tecnologías cuánticas está despegando con fuerza, y ha pasado de 1300 millones de dólares en 2023 a 2000 millones en 2024, con un crecimiento récord de 1250 millones solo en el primer trimestre de 2025. Se prevé que el mercado supere la barrera de los 1000 millones de ingresos en 2026, con una tasa de crecimiento anual compuesto de un 30 % hasta 2030.

Hay varios motivos para la euforia y las prisas. Quien domine ciertas piezas críticas del ecosistema cuántico, puede estar en la parrilla de salida cuando el mercado despegue de verdad. Desde el punto de vista geopolítico, nadie quiere depender por completo de *hardware*, *software* o talento controlados desde fuera. Además, el desarrollo cuántico podría afectar a sistemas de cifrado y seguridad, algo que impulsa a los gobiernos a involucrarse desde el principio.

El dinero, pues, ha llegado. Pero, ¿en qué estado se encuentra la tecnología? La primera meta alcanzada es la “supremacía” o ventaja cuántica, es decir, que un ordenador cuántico pueda resolver un

“La inversión experimentó un crecimiento récord de 1250 millones de dólares solo en el primer trimestre de 2025”

problema que ningún ordenador clásico podría resolver en un tiempo razonable. En 2019, el equipo de Google Quantum AI realizó en 200 segundos un cálculo que habría llevado 10 000 años a un supercomputador convencional. Pero no basta.

EMPIEZA LA SELECCIÓN NATURAL

Como ocurre con los actuales reactores de fusión nuclear, una cosa es que ya funcionen y otra muy diferente que resulte rentable desplegarlos.

Actualmente, la industria está alcanzando una etapa intermedia de “utilidad cuántica”, donde las máquinas realizan tareas científicamente útiles que superan a la computación clásica, aunque los sistemas siguen siendo extremadamente sensibles a los errores. El paso siguiente, la “ventaja cuántica práctica”, se alcanzará cuando se puedan usar en problemas del mundo real. Se estima que sucederá entre 2028 y 2030, coincidiendo con los planes de las empresas líderes para presentar sistemas tolerantes a fallos, y un despliegue comercial a mediados de la década de 2030.

Estamos en medio de la transición desde proyectos puramente científicos hacia la relevancia industrial, y los gigantes de la industria como IBM, que opera una de las mayores flotas cuánticas en la nube, Google y Microsoft, lideran la toma de posiciones. Por otro lado, empresas especializadas ►

“Se estima que el gran salto para resolver problemas del mundo real llegará entre 2028 y 2030”



Carmen Palacios
Chief Executive Officer y fundadora de Nu Quantum

Muchas compañías están haciendo progresos enormes. Ya existen procesadores cuánticos con cientos de cúbits con capacidades iniciales de corrección de errores. En Nu Quantum nos posicionamos como complementarios a ese progreso. Creemos que la computación cuántica solo alcanzará su potencial conectando sistemas a través de arquitecturas modulares y robustas basadas en fotónica. Nuestro foco es desarrollar la infraestructura que permitirá interconectarlos y convertirlos en sistemas realmente útiles.

España es el país europeo que más está invirtiendo de forma coherente en este ámbito, y eso acelera mucho nuestra hoja de ruta y nuestra capacidad de escalar desde Europa. En pocos años veremos demostraciones con impacto científico y, a continuación, aplicaciones industriales reales. No invertir ahora significa llegar tarde.

El Qubit-Photon Interface (QPI) permite conectar unidades de procesamiento cuántico (QPUs) a una red cuántica.

como IonQ, Rigetti, D-Wave y Xanadu han ganado terreno cotizando en mercados públicos, a menudo mediante fusiones.

Detrás están los últimos avances en tecnología cuántica, como los hitos en la corrección de errores cuánticos y la estabilidad de los sistemas, con procesadores como el Heron de IBM (de 156 cúbits) y el chip Willow de Google, que han demostrado tasas de error significativamente bajas. Esto ha generado la idea de que la tecnología es “estructuralmente inevitable”.

La diversificación de las tecnologías también ha servido de acelerador. Desde los cúbits topológicos de Microsoft, basados en fermiones de Majorana, que prometen ser más fáciles de escalar, hasta los *cat qubits* de AWS y Alice & Bob, que poseen una robustez inherente frente a errores. A esto se suman los progresos en sistemas de fotónica, como Aurora de Xanadu, y de átomos neutros.

La suma de estos avances ha provocado un desplazamiento del capital hacia empresas que ya ofrecen servicios en la nube y prevén aplicaciones tempranas en finanzas, logística y ciberseguridad.

No solo las empresas toman posiciones. El financiamiento público ha cobrado un protagonismo crítico, alcanzando los 10 000 millones de dólares en abril de 2025. Ha sido posible gracias a compromisos masivos de países como Japón, con 7 400 millones, España, con más de 800 millones de inversión pública, y Australia. Mientras tanto, el capital privado sigue representando dos tercios de las inversiones en *startups*, aunque el foco se ha comenzado a desplazar hacia empresas en etapas tempranas y maduras. Otro signo de madurez, pero también de cautela.

En muchas revoluciones tecnológicas, una parte de la inversión llega por entusiasmo. En la cuántica, además, llega por miedo. Miedo a perder talento. Miedo a no tener industria propia. Miedo a depender de patentes ajenas. Miedo a que otro país o una empresa rival construya antes la infraestructura decisiva. Lo importante no es capturar beneficios inmediatos, sino evitar perder la posibilidad de estar en el juego cuando el salto se produzca. En ese sentido, la cuántica se parece menos a una moda tecnológica y más a una apuesta por infraestructura.

La pregunta ya no es si la computación cuántica funcionará algún día a gran escala, sino quién habrá construido antes el ecosistema necesario para aprovecharla cuando ocurra. Es la pregunta que moviliza el dinero hoy, aunque las aplicaciones comerciales sigan estando a varios años de distancia. Cuando una tecnología llega a ese punto, significa que algo importante está empezando de verdad. ■



Mikel Díez
Business Development Executive (Quantum) en IBM

Los algoritmos y aplicaciones para conseguir la ventaja cuántica se están desarrollando ya en escenarios de

supercomputación centrada en lo cuántico (QCSC, por sus siglas en inglés de *Quantum-Centric Supercomputing*), en un escenario híbrido, es decir, usando la clásica más la cuántica. Casos como el del Centro RIKEN de Computación Cuántica (RQC) en Japón han demostrado la posibilidad de orquestar dos entornos (clásico y cuántico) que se alimentan de datos entre sí en un flujo de trabajo ininterrumpido. Lo han hecho para avanzar en un problema real de simulación química, obteniendo resultados de escala y precisión sin precedentes.

El IBM Quantum System Two de BasQ ya ha iniciado el camino para integrarse con el sistema de supercomputación existente, lo cual va a permitir a toda la comunidad avanzar hacia la supercomputación centrada en lo cuántico (QCSC) y hacia el descubrimiento de nuevos algoritmos y aplicaciones con ventaja cuántica.



Verónica Fernández Mármol
Investigadora del CSIC y cofundadora de QDynamics.

La computación cuántica amenaza la seguridad de los algoritmos criptográficos actuales pero, por otro lado, tenemos la manera de protegernos a través de la criptografía cuántica. Sin embargo, la inversión en computación va muy por delante de la de criptografía y comunicación cuántica, y esto hace que se pueda crear un problema de seguridad.

Estados Unidos se ha centrado más en computación y no ha apostado prácticamente por la criptografía cuántica. Europa sí que apuesta bastante más con inversión pública a través del programa European Quantum Communication Infrastructure y Eurocare, que está en una fase cada vez más madura. Y, por supuesto, China es el líder con su programa satelital Quest y la continuación con el satélite Micius. En Europa tenemos muy buenos científicos y grupos de investigación, pero en la parte de transferencia, de llevar eso a *spin-offs*, a soluciones innovadoras, nos falta el tejido de *venture capital* que hay en EE. UU. y más financiación privada.