

“Problemas que hoy tardarían 10.000 de años en resolverse con los métodos actuales podrían solucionarse poco más de 3 minutos gracias a esta tecnología”.

La computación cuántica

La próxima revolución

No ocurrirá mañana, pero sí es probable que sea una realidad en los próximos 10 años. La computación cuántica promete revolucionar el paradigma tecnológico resolviendo problemas matemáticos complejos de manera rápida y eficiente. De la mano del experto en computación cuántica e ingeniero de la UPC Sergi Abadal, exploramos su potencial y entendemos por qué será la próxima gran revolución tecnológica.

Ana Martínez Moneo: ¿Qué es la computación cuántica en términos sencillos?

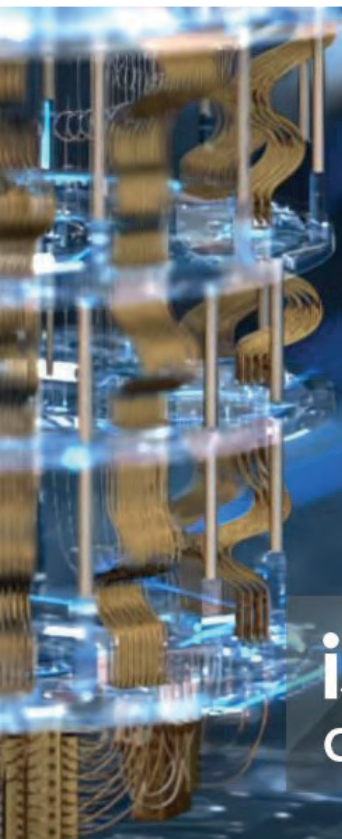
Sergi Abadal: La manera más fácil de explicarlo es en contraposición a la computación clásica, es decir, a los ordenadores actuales, que funcionan con bits, en ceros y unos. Nada más. Toda la información y los cálculos se realizan secuencialmente utilizando estos bits.

Por su parte, la computación cuántica emplea qubits, que pueden estar en 0, 1 o en ambos estados al mismo tiempo. Además, los qubits pueden estar entrelazados, permitiendo todas las posibles combinaciones a la vez.

Un ejemplo muy sencillo: con 3 qubits podemos hacer 8 combinaciones a la vez, mientras que con 3 bits clásicos solo una.

ANA MARTÍNEZ MONEO C84
amartinez@aecoc.es





LAS CLAVES DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

- ✓ Busca una solución óptima a un problema complejo entre muchísimas posibles soluciones.
- ✓ Actúa con mucha mayor rapidez, precisión y eficacia.
- ✓ Estados Unidos y China lideran la investigación.
- ✓ El horizonte temporal de despegue se sitúa en 2035 o 2040.
- ✓ El mayor desafío es tecnológico por las condiciones especiales que requieren las máquinas.
- ✓ El mayor riesgo apunta a la ciberseguridad.
- ✓ Añadirá múltiples capas de eficiencia en sectores como el financiero, el químico, la salud y la movilidad, entre otros.

iStock
Credit: blackdovfx

¿Qué tipo de problemas empresariales podría resolver mejor la computación cuántica?

Cualquier problema que requiera buscar una solución óptima entre muchísimas posibles opciones. Beneficiará a muchos sectores como el financiero, el químico, la salud o la movilidad. Si nos centramos en el sector de gran consumo y agroalimentario por ejemplo, algunas de las aplicaciones más relevantes serían:

- **La gestión de las cadenas de suministro.** Por ejemplo, planificar la entrega de cuatro pedidos es sencillo porque se pueden probar todas las combinaciones posibles. Pero cuando se trata de repartir cientos o miles de pedidos en un día o una semana, las combinaciones crecen exponencialmente



Sergi Abadal
Ingeniero de la UPC

y los ordenadores clásicos no pueden procesarlas todas. Sin embargo, la computación cuántica sí que es capaz de procesarlas y encontrar la mejor opción.

- **Desarrollo de nuevos materiales o combinaciones de ingredientes alimentarios**, acelerando enormemente la innovación y la personalización, porque encontrará múltiples soluciones en tiempo récord.
- **En la agricultura** permitirá predecir con alta precisión patrones climáticos o mejorar y personalizar los fertilizantes.

La computación cuántica promete abordar estos retos con mucha mayor rapidez y eficacia. Aunque no siempre garantiza la solución perfecta, sí logra resultados mucho más cercanos a lo óptimo que los métodos tradicionales.

La IA ya promete resolución de problemas de forma muy eficiente. ¿En qué se parecen y diferencian la IA y la computación cuántica?

La inteligencia artificial (IA) se basa en algoritmos que, mediante entrenamiento continuo, aprenden a encontrar buenas soluciones basadas en experiencias previas. En cambio, la computación cuántica es una tecnología más fundamental que resuelve problemas matemáticos complejos de manera directa y eficiente.

Aunque pueden parecer competidoras, en realidad son complementarias. Por ejemplo, en un problema de logística, la computación cuántica busca la mejor solución matemática posible, mientras que la IA aprende a predecir soluciones rápidas y cercanas a lo óptimo basándose en datos anteriores. Ambas ofrecen caminos distintos para alcanzar soluciones cuasi óptimas.

De hecho, actualmente, se investiga la combinación de ambas en el campo del *Quantum Machine Learning* o inteligencia artificial cuántica, donde algoritmos de IA se ejecutan en ordenadores cuánticos para acelerar su rendimiento. En lugar de competir, estas tecnologías están destinadas a complementarse y potenciarse mutuamente.

¿En qué punto de madurez tecnológica se encuentra la computación cuántica hoy?

La madurez es muy baja porque todavía falta capacidad tecnológica. El proceso será similar al que ha pasado con la IA. En los últimos 10 años ha dado un salto enorme, aunque su estudio comenzó en los años 80 y ya en los 90 existían pequeñas inteligencias artificiales similares a las actuales. El problema era que los ordenadores tenían una capacidad computacional muy baja.

Hoy la computación cuántica se encuentra en una etapa comparable a la de los ordenadores en los 70 u 80. Aún se investiga cómo manejar qubits de forma eficiente y estable, y se requiere un gran avance en nanotecnología y otras tecnologías avanzadas que aún están poco exploradas y se necesita mucha investigación para que empiece a ser una realidad.

¿Cuáles son actualmente los retos técnicos que impiden su aplicación masiva?

El mayor desafío de la computación cuántica es tecnológico. Los qubits deben mantenerse a temperaturas criogénicas extremadamente bajas,

Los líderes mundiales. Google, IBM, Amazon o Microsoft ya tienen en marcha pilotos o proyectos que utilizan la computación cuántica.

IMG BAIXA RESOLUCIÓ



cercanas al cero absoluto ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), lo que es muy complejo y limita actualmente la escala y eficacia de los ordenadores cuánticos y sus algoritmos.

Este desafío va unido a la sostenibilidad. Estas condiciones de mantenimiento todavía son ineficientes energéticamente. No obstante, en cuanto se vayan superando será cada vez más eficiente. Si lo comparamos con la IA, esta consume enormes cantidades de energía debido a su entrenamiento masivo y almacenamiento en grandes centros de datos. En cambio, la computación cuántica al procesar múltiples combinaciones simultáneamente necesita menos hardware, y eso permitirá reducir el impacto energético.

Por otro lado, ahora los expertos que diseñan algoritmos cuánticos los hacen un poco a ciegas, probando con casos de uso muy pequeños, que son los que les permiten los ordenadores cuánticos actuales. El reto es que deben anticipar cómo serán los ordenadores futuros.

¿Qué horizonte temporal se maneja para que la computación cuántica tenga impacto real y medible en las empresas?

En la actualidad hay ya algunas empresas experimentando con este nuevo "juguete" (ver recuadro en la última página de esta en- ■ ■ ■



➤ APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA EN GRAN CONSUMO

- Gestión de las cadenas de suministro: diseño de rutas más óptimas, vehículos autónomos o optimización logística.
- Desarrollo de nuevos materiales o combinaciones de ingredientes alimentarios, acelerando enormemente la innovación y la personalización.
- Predicción de patrones climáticos, control de plagas y mejora de fertilizantes en el campo.

iStock™
Credit: sankai

trevista). Pero mi predicción es que hasta dentro de 10-15 años no veremos aplicaciones más cotidianas.

¿Qué países y compañías lideran la investigación en este campo?

Estados Unidos, China y me gustaría decir que Europa. En Estados Unidos las universidades punteras tienen muchísimos recursos y las grandes empresas financiación casi “ilimitada”, porque cuando hay perspecti-

vas de potencial se invierte mucho dinero. Hablamos de:

- **Google**, que ha desarrollado un revolucionario chip cuántico que resuelve en 5 minutos lo que hoy tomaría 10 cuatrillones de años.
- **IBM**, que está construyendo la primera computadora cuántica de más de 1.000 qubits y que tiene previsto poner en marcha en 3 años.
- **Amazon**, que tiene ya su propio procesador diseñado para reducir los costes de implementación para la corrección cuántica de errores, que los reduce hasta un 90% en comparación con los enfoques actuales. ■ ■ ■

Quantum Machine Learning.

Es la combinación de los algoritmos de IA y la computación cuántica para acelerar su rendimiento. En lugar de competir, estas tecnologías están destinadas a complementarse y potenciarse.

- **Microsoft**, que ha desarrollado un chip cuántico que promete revolucionar la computación al permitir la creación de ordenadores cuánticos más estables y escalables.

Todas americanas. Otras menos conocidas son **D-Wave**, una empresa canadiense de computación cuántica, conocida por ser la primera en comercializar computadoras cuánticas y registrar patentes en este campo.

Por su parte, en China no hay grandes empresas, pero el Gobierno está inyectando muchísimo dinero para la investigación. Recientemente ha presentado un prototipo de computadora cuántica con 105 qu-

bits legibles, casi duplicando la capacidad de su actual centro de procesamiento.

¿Y Europa cómo va en esta carrera tecnológica?

Europa hace lo que puede. Estamos al principio y todavía es una tecnología muy desconocida. Sin duda, invierte menos dinero que EE.UU. o China. Pero no descarto que Europa, más discretamente y siendo más conservadora, vaya invirtiendo más y dé el Do de pecho en algún momento.

Ya hay algunas empresas en Francia o Alemania. Y en España es destacable **Qilimanjaro**, en Barcelona, que está construyendo la primera granja de datos cuánticos de Europa. Este centro busca impulsar la computación cuántica para revolucionar sectores clave, como la inteligencia artificial, la salud o la sostenibilidad. Estaremos muy atentos a su desarrollo.

Los expertos advierten de que uno de los mayores riesgos del desarrollo de la computación cuántica está en la ciberseguridad y protección de datos.

Hoy muchos procesos de pago con tarjetas de crédito están protegidos por mecanismos de ciberseguridad, basados en la encriptación, que cifran nuestros datos, haciendo casi imposible descifrar la información sin la clave correcta.

Sin embargo, la computación cuántica, al procesar muchas combinaciones simultáneamente y resolver problemas complejos muy rápido, podría acelerar la descryptación. Afortunadamente, los sistemas de ciberseguridad también evolucionarán de la mano de la tecnología para mantenerse un paso adelante, aunque el desafío será usar estas tecnologías de manera responsable y proactiva.

Aunque parece que todavía quedan unos años para que la computación cuántica despegue, ¿qué pueden hacer hoy las empresas para prepararse?

Un aspecto clave es la seguridad. Las empresas deben planificar ya la transición de los sistemas tradicionales hacia los llamados "post-cuánticos", ya que este cambio será inevitable. Así como actualizamos regularmente los parches antivirus para protegernos de nuevos ataques, será necesario integrar continuamente soluciones post-cuánticas para mantener la protección.

Paralelamente, recomiendo que las empresas vayan identificando procesos que no estén bien optimizados o que requieran un alto costo computacional, como la optimización de rutas en logística. Tener claros estos retos les permitirá ir un paso por delante de sus competidores.

➤ PRINCIPAL BARRERA PARA EL DESPEGUE

Los qubits deben mantenerse a temperaturas criogénicas extremadamente bajas, cercanas al cero absoluto (-273 °C), lo que es muy complejo y limita actualmente la escala y eficacia de los ordenadores cuánticos y sus algoritmos. A medida que la tecnología avance, este desafío irá superándose avanzando en la eficiencia energética.



IMG BAIXA
RESOLUCIÓ

3 PROYECTOS PIONEROS EN ESPAÑA EN COMPUTACIÓN CUÁNTICA

HIJOS DE RIVERA

En colaboración con el Galicia Supercomputing Centre, Fujitsu y la Universidad Católica de Murcia, están trabajando en el primer caso de computación cuántica para modelar la percepción y funcionamiento del sabor y aplicar a la cerveza. Según explican, el objetivo es identificar las moléculas del lúpulo capaces de generar más sensación de frescor.

VUELING

Junto al Barcelona Supercomputing Center, está explorando la computación cuántica para optimizar la identificación de rutas, afrontar retos en materia de sostenibilidad y personalizar la experiencia de cliente.

MERCEDES-BENZ ESPAÑA

Está desarrollando una plataforma cuántica capaz de detectar automáticamente cualquier anomalía de configuración con varios días de antelación a que los coches entren en las líneas de producción. El objetivo: lograr cero errores en el proceso de ensamblaje de automóviles.

Mientras ese día llega... ¿en qué otras tecnologías deben fijarse a corto plazo?

Sin duda, la inteligencia artificial seguirá siendo clave en los próximos años para mejorar la eficiencia empresarial. Sin embargo, muchas empresas aún no se han preparado para identificar dónde pueden aprovecharla realmente. Es fundamental hacer ese análisis cuanto antes, ya que no basta con usar herramientas genéricas como ChatGPT, que no son expertas en sectores específicos. Existen soluciones especializadas que pueden entrenarse para las necesidades concretas de cada empresa, pero primero hay que definir claramente los objetivos. Esto es especialmente crucial para las pymes, que cuentan con menos recursos que las grandes empresas y necesitan maximizar su inversión.

La ONU dice que la IA puede eliminar 8 millones de empleos en España para 2033. ¿Qué perspectivas se estiman con el despegue de la computación cuántica?

Es difícil de responder. Lo que hemos visto con la IA es una amenaza "relativa", es decir, el empleo se transforma. El sistema productivo tiene que adaptar los empleos a las nuevas capacidades que ofrece la inteligencia

artificial, porque no puede andar sola y a veces "alucina" (se equivoca). Se necesita supervisión humana para calibrar y validar decisiones.

Con la computación cuántica ocurrirá algo similar: sí, algunos puestos ligados a tecnologías clásicas podrían verse afectados, pero surgirán nuevos perfiles especializados, como expertos en algoritmos cuánticos y técnicos capaces de mantener hardware sofisticado (por ejemplo, sistemas de refrigeración criogénica). Esta transformación tecnológica es una evolución que creará nuevas oportunidades, aunque es probable que no la veamos plenamente antes de 20 o 30 años.

¿Qué perfiles profesionales deberían estar incorporando las empresas?

Actualmente no existe una carrera específica en computación cuántica, ya que es un campo aún en desarrollo. Los investigadores provienen de disciplinas variadas como física, ingeniería electrónica, informática y tele-

comunicaciones, pero nadie domina por completo todas las áreas que implica esta tecnología. Sin embargo, es probable que en 5 a 10 años surjan titulaciones especializadas.

Mientras tanto, las empresas deberían incorporar ingenieros informáticos o de ciencias de datos -un grado que hace 5 años no existía y que ahora es de los que tienen las notas de corte más altas en España-, que tengan conocimientos en inteligencia artificial y estén interesados en algoritmos cuánticos.

Para terminar, ¿cuál sería su consejo para un CEO que quiere entender la revolución cuántica?

Recomiendo dedicar una parte de los recursos a profundizar en tecnologías emergentes, formando a los equipos y creando vínculos con universidades. En últimos cursos de grado y másteres, los estudiantes trabajan en problemas reales planteados por empresas, aportando ideas frescas y enfoques innovadores.

Para prepararse a 5 o 10 años vista, conviene lanzar pequeños proyectos colaborativos con estos futuros profesionales, que les permitan experimentar, explorar y probar nuevas soluciones.

Y, por último, seguir impulsando los departamentos de I+D y rodearse de expertos para estar preparados para hacer esa transición.

© Ana Martínez Moneo

En España. Qilimanjaro está construyendo la primera granja de datos cuánticos de Europa en Barcelona destinada a impulsar la computación cuántica en sectores como la IA, la salud o la sostenibilidad.
