

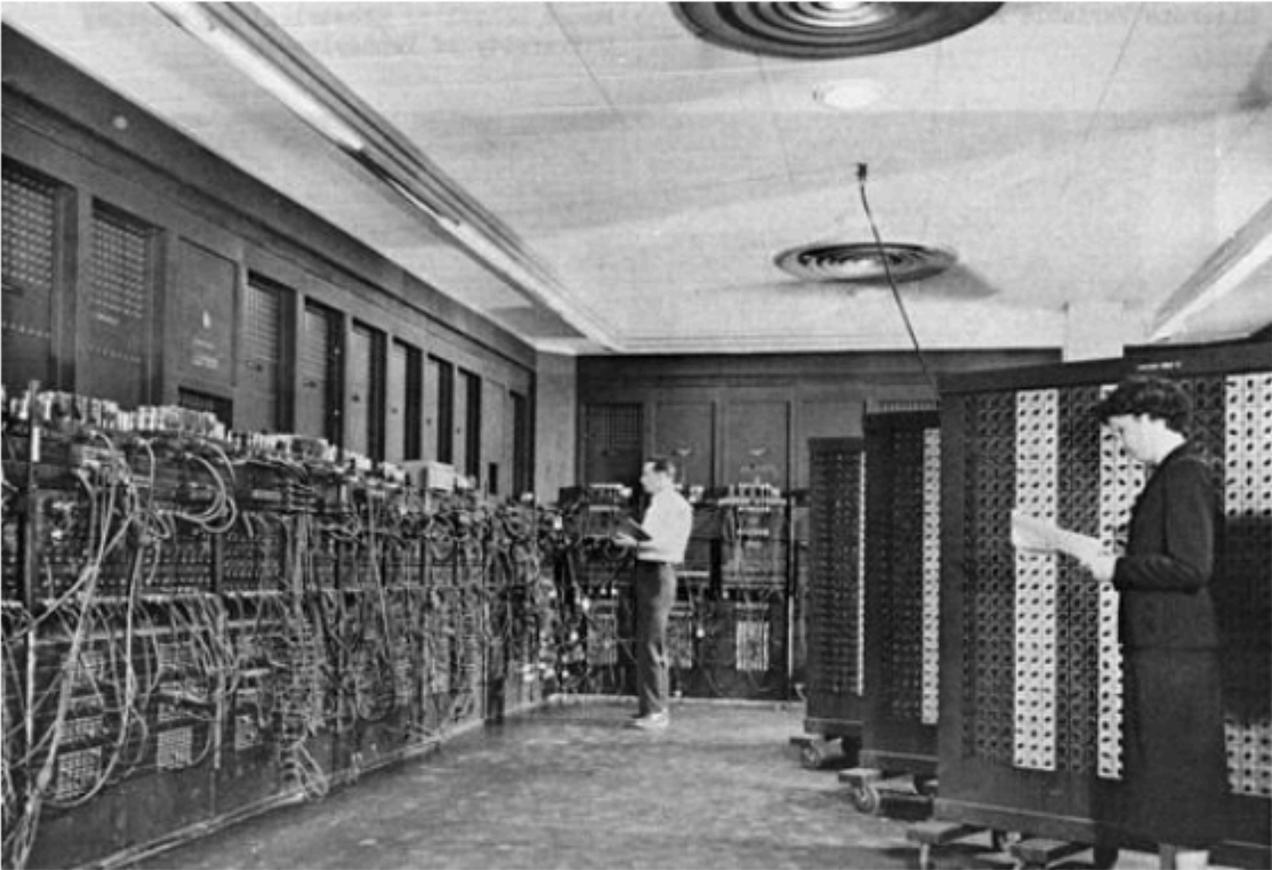
COMPUTACIÓN CUÁNTICA: ¿QUÉ HAY DETRÁS DE LA TECNOLOGÍA QUE ESCONDE EL GATO DE SCHRODINGER ?

Decía el famoso físico **Richard Feynman**: «Si piensa que entiende la mecánica cuántica... entonces usted no comprende la mecánica cuántica». De hecho, aseguraba que ni siquiera él mismo llegaba a vislumbrar del todo claro las leyes del mundo microscópico, donde todo es y no es a la vez. Pero a pesar de que se trata de un campo totalmente alejado de la razón intuitiva, en los últimos años está en boca de todo el mundo: conceptos como **computación**, **comunicación** o incluso '**supremacía**' seguido de la palabra '**cuántica**' han despertado un inusitado interés, ocupando titulares de todo el mundo y erigiéndose como una promesa de la llegada de una tecnología disruptiva llamada a cambiar nuestro mundo: podrán realizar tareas que a los ordenadores clásicos les costaría resolver en millones de años en tan solo unos días, minutos o segundos, lo que en el mundo del **Big Data**, de la **inteligencia artificial** y de las máquinas capaces de aprender solas (el llamado '**machine learning**') sería un salto increíble. Crear nuevos fármacos personalizados o predecir los movimientos de los mercados financieros y optimizar las inversiones serían posibles con estos equipos. Pero también tiene inconvenientes: algunas voces alertan de que, por ejemplo, **toda la ciberseguridad actual está ya amenazada** por su imparable desarrollo. Entonces, ¿qué hay realmente detrás de ella? ¿En qué punto nos encontramos? ¿Estamos ante una revolución inminente o quizá detrás hay una emoción exagerada?

La principal diferencia entre un ordenador cuántico y uno clásico es su sistema de comunicación, la base para transmitir información. Nuestros ordenadores se comunican entre ellos a través de 'bits', el lenguaje binario que, por complejos cálculos matemáticos, convierte la información en unos y ceros. Sin embargo, en computación cuántica, los sistemas 'hablan' en '**cúbits**', que pueden ser 1 y 0 a la vez (por el mismo principio que rige al [famoso gato Schrodinger](#), **vivo y muerto al mismo tiempo**), lo que multiplica exponencialmente el rendimiento de esta tecnología. Y no solo eso: entre los cúbits se produce un fenómeno, llamado **entrelazamiento cuántico**, por el que los cúbits son capaces de 'comunicarse' entre sí a distancias enormes sin que exista nada, ningún canal de transmisión, lo que amplía aún más sus posibilidades. Sin embargo, aún no tenemos el 'hardware' o las máquinas que puedan aprovechar de forma eficiente estas cualidades

Una tecnología muy frágil y con errores

Una tecnología muy frágil y con errores



Proyecto ENIAC, uno de los primeros ordenadores clásicos que podía llevar a cabo varias funciones y ser reprogramado - U.S. Army Photo

«A mucha gente le gusta poner la **fotografía del ENIAC**, ese superordenador de los años cuarenta que ocupaba una habitación», dice **Juan José García Ripoll**, investigador dentro del grupo de Información cuántica y fundamentos de teoría cuántica del IFF-CSIC. «A mí me parece que esa foto es un paso más avanzado de donde aún nos encontramos en computación cuántica. Estamos aún aprendiendo a hacer sumas». García Ripoll explica que la computación cuántica tiene **dos frentes abiertos**: por un lado, hay que seguir investigando en **ciencia básica o algoritmos**, que son algo así como los programas que puede ejecutar un ordenador cuántico; y, por otro, la **tecnología**, ya que ahora mismo mantener un **cúbit apenas unos segundos** requiere de una infraestructura casi prohibitiva: se utilizan circuitos superconductores muy sensibles que tienen que sostener temperaturas increíblemente bajas, rondando los -272°C , para que la disipación de energía no degrade la información cuántica. O deben estar sometidos a muy bajas presiones y, a la vez, aislados del campo magnético terrestre. Si no se mantienen estos requisitos, se produce una falta de coherencia o

decoherencia cuántica y se corrompen todas las operaciones. Es decir, el ordenador cuántico no funciona.

«En diez años habrá aplicaciones industriales. Y diez años no es tanto tiempo»

«Es cierto que estamos en pañales, empezando a entrar en el campo de la ingeniería», explica **Sergio Boixo**, jefe científico de teoría de la computación cuántica de Google. «Pero estar en pañales no significa que no vayamos a avanzar rápidamente. **En diez años habrá aplicaciones industriales.** Y diez años no es tanto tiempo». Con las ideas de este ingeniero y matemático leonés nació la parte teórica de uno de los hitos más importantes (y mediáticos) del campo en los últimos años: la [supremacía cuántica](#). A pesar de su nombre, se trata de la [demostración práctica de que un ordenador cuántico](#) puede llevar a cabo una tarea que no podría resolver el mejor superordenador clásico, o le costaría un tiempo tan amplio que no valdría la pena resolverlo con este sistema. Para ello, el gigante tecnológico con sede en Mountain View (California) creó un problema específico para la demostración: generar patrones en una serie de números aleatorios siguiendo una fórmula predeterminada. Según explicaban en el estudio publicado por la revista '[Nature](#)' en octubre de 2019, el equipo cuántico tardaba apenas **200 segundos frente a los 10.000 años empleados por el superordenador más potente de la época** -si bien esta afirmación no estuvo exenta de polémica-.

Ahora Google, con Boixo de nuevo a la cabeza, se afana por alcanzar un nuevo hito: **conseguir un cúbit lógico y reducir errores**, lo que todos los expertos señalan como el siguiente escalón en la conquista de la computación cuántica. «Hasta ahora trabajamos con cúbits físicos en circuitos superconductores. El problema es que tienen errores. Para solucionarlo, y aunque suene contradictorio, hay que juntar muchos cúbits físicos para que la redundancia provoque que la corrección de errores sea más eficiente que los propios errores que añades», explica Boixo. Es decir, que al añadir cúbits físicos **disminuyen los errores del cúbit lógico**. «Y esto no se ha demostrado todavía», señala, explicando que de los dos tipos de errores que tiene el cúbit -que provocan que su 'vida' sea muy corta y apenas logre sobrevivir unos microsegundos- ya han podido resolver por separado cada uno de ellos y están «cerca» de lograr la fórmula para corregir ambos a la vez.

Una vez logrado este paso, lo siguiente será seguir introduciendo cúbits físicos hasta conseguir un cúbit lógico sin errores. «Eso significará que el prototipo podrá realizar operaciones primero durante días, luego semanas, después meses... Y así hasta que construyamos un prototipo que dure encendido el tiempo que queramos, hasta que directamente demos al interruptor para apagar la luz». La idea es conseguir un **ordenador cuántico de unos 1.000 o 2.000 cúbits lógicos; es decir, uno o dos millones de cúbits físicos**. «En esta última fase tardaremos unos diez años, aunque es difícil decirlo». Como dato: el experimento de Google tenía 53 cúbits físicos.

Ecosistema cuántico

«Si desarrollas el concepto sin involucrar a la sociedad, cuando se lo muestres, la

gente no va a saber utilizarlo»

IBM, principal competidor de Google en este área, tampoco quiere quedarse fuera de la carrera cuántica. Después de ser [muy críticos con el logro de Google por la supremacía cuántica](#) -afirmaban que su superordenador 'Summit' podía hacer lo mismo en dos días y medio-, desde la compañía aseguran que sus objetivos no pasan por ahí, sino por construir una computadora cuántica de **1.000 cúbits en dos años**. «Una vez consigamos eso, se abren muchas posibilidades», comenta **Antonio Córcoles**, investigador del equipo cuántico de IBM Research en Yorktown Heights.

De forma paralela, su intención es crear un 'ecosistema cuántico' en el que se haga partícipe de todos los adelantos en el tema a quien le pueda interesar: desde organismos científicos a empresas. «La idea es **crear una comunidad de investigadores, educadores, ingenieros y empresas** que puedan trabajar en un entorno donde el acceso a estas máquinas es posible y donde puedan aprender qué tipo de problemas pueden reflejar en nuestras máquinas y qué tipo de resultados pueden obtener según vamos todos avanzando». Es decir, que exista una aplicación práctica. «Si desarrollas el concepto sin involucrar a la sociedad, cuando se lo muestres, la gente no va a saber utilizarlo», señala Córcoles.

Aplicaciones de la computación cuántica: ¿para qué usos concretos servirá?

Inteligencia artificial

Uno de los requisitos de la inteligencia artificial es poder analizar grandes conjuntos de datos. En la actualidad se ha generado una ingente cantidad de información que muchas veces los equipos clásicos son incapaces de manejar. Los ordenadores cuánticos permitirían analizar y gestionar más datos en mucho menos tiempo.

Machine Learning

También, las computadoras cuánticas podrían potenciar el aprendizaje automático al permitir que los programas de inteligencia artificial busquen en estos monstruosos conjuntos de datos elementos relacionados con la investigación médica, el comportamiento de los consumidores y los mercados financieros, y les den sentido. Incluso que encuentren una lógica que la mente humana no ha sido capaz de encontrar.

Simulaciones biomédicas

Actualmente, la creación de medicamentos implica años de experimentos de laboratorio durante las fases de descubrimiento, clínica y pre-clínica. Con la capacidad computacional exponencialmente mayor de la computación cuántica, los expertos creen que será posible simular con computadoras el efecto de diferentes compuestos químicos sobre organismos a nivel molecular. Esto permitiría diseñar nuevos medicamentos con los computadores de manera mucho más rápida y barata.

Medicina 'a medida'

El campo de la óptica cuántica, que estudia cómo la materia y la radiación interactúan a nivel cuántico, tiene potencial para llegar a controlar moléculas individuales mediante la radiación que estas emiten y absorben, pudiendo alterarlas, modificarlas o incluso destruirlas. Se podría hacer lo mismo con las células cancerígenas y destruirlas sin perjudicar ninguna célula sana.

Optimización

Cada proceso puede tener un sin número de variables, con las computadoras cuánticas una máquina puede ser capaz de manejar casi innumerables permutaciones y combinaciones, lo que podría hacer avanzar el diseño y el análisis de sistemas de manera masiva. Por ejemplo, podría ser muy útil en el sector de la logística o la industria en general.

Finanzas

La computación cuántica podría ayudar, por ejemplo, a afinar las inversiones en bolsa teniendo en cuenta muchísimas más variables de las que permiten ahora los ordenadores clásicos.

Industria Química

La industria química, por ejemplo, puede trabajar para identificar un nuevo catalizador para fertilizantes que ayude a reducir emisiones de efecto invernadero y mejorar la producción mundial de alimentos. Esto requiere de modelaje de interacciones moleculares muy complejas para las computadoras clásicas, pero perfectas para las cuánticas.

Nuevos materiales

Una aplicación potencial es el desarrollo de los materiales superconductores más eficientes, que permiten a su vez avanzar en el estudio de ordenadores más veloces y con mayor memoria, trenes de levitación magnética de alta velocidad y la posibilidad de generar energía eléctrica de manera más eficiente, por ejemplo.

¿Revolución o fiasco?

Porque el quid de la cuestión está ahí: ¿va a ser realmente la computación cuántica una revolución? Para **José Ignacio Latorre**, catedrático de Física teórica, actual director del Centro de Tecnologías Cuánticas de Singapur, y una **figura de referencia a nivel mundial en la materia**, la respuesta es un rotundo sí. Y, de hecho, ya está aquí. «Estamos controlando la materia a nivel de electrones individuales, de fotones individuales, de iones individuales... y podemos codificar información en estos elementos tan básicos de la naturaleza y además los operamos con lógica cuántica, lo que ha abierto un universo de oportunidades y con cierto salto disruptivo de tecnología. Si logramos hacer más grande un ordenador cuántico y aplicar uno de los algoritmos que ya tenemos a nuestra disposición, concretamente el algoritmo de shor, eso pondría en jaque toda la ciberseguridad actual».

Sin embargo, Latorre critica que todo esto haya creado un caldo de cultivo para que desde gobiernos a universidades, pasando por empresas, intenten justificar las potentes inversiones en el campo y se anuncien a bombo y platillo algunos titulares que no se corresponden con la realidad. «Eso ha dado lugar a algo que no pasaba en ciencia: que **se contratan servicios de marketing**. Y a muchos científicos nos duele profundamente porque vemos que pequeños trabajos, que son marginales, aparecen en las noticias», afirma. Y el problema de todo ese **'bombo publicitario' (o fenómeno conocido como 'hype')** es que se vuelva en contra de los propios científicos: «La inyección de dinero nos puede dar una bofetada porque si dentro de un tiempo no se han cumplido las promesas, el mundo se desencanta, los gobiernos se desencantan y las empresas también».

¿Es bueno el fenómeno del 'hype' en la ciencia?

Un tema se pone de moda y durante un tiempo todo el mundo habla sobre él. Los miles de mensajes buscan su hueco intentando conquistar la atención del público a través de las emociones, creando casi un vínculo con el espectador o lector. A pesar de todo, llega un punto en el que la atención decrece y queda relegado por otro tema. Este fenómeno se da en muchos ámbitos, incluido el científico. Y es una cuestión controvertida: por un lado, la necesidad de generar contenido puede provocar ese 'hype' o 'bombo mediático' que sobredimensione el asunto; pero, por otro, puede dar a conocer temas a la sociedad en general que quizá de otra forma pasarían desapercibidos. Entonces, ¿es bueno o malo? Para averiguarlo, **José Ignacio Latorre** y su colega **Maite Soto-Sanfiel**, doctora en Comunicación Audiovisual por la Universidad Autónoma de Barcelona e investigadora del Center for Trusted Internet and Community de la Universidad Nacional de Singapur, están llevando a cabo un estudio para conocer qué nivel de 'hype' es positivo o negativo.

«El 'entusiasmo mediático' ya ha sido muy estudiado en el contexto de la información en general, pero es la primera vez que se hará asociado a contenidos científicos», explica Soto-Sanfiel, que detalla que concretamente se atenderá a las tecnologías cuánticas; aspectos relacionados con la salud, sobre todo vacunas; e inteligencia artificial. A través de varios experimentos, mostrando a diferentes personas distintos tipos de mensaje con varios grados de manipulación, los investigadores tratarán de observar cómo cambia la percepción de la gente en varios aspectos: desde la credibilidad de las fuentes hasta el bienestar emocional y cómo algunos mensajes, al repetirse, pueden llegar a influir en el estado anímico particular de cada persona. «Hay estudios que demuestran que un poco de 'hype' incluso puede ser beneficioso. El problema es cuando te pasas. Seguramente el equilibrio esté en la moderación», señala Latorre.

Para García Ripoll, el boom de lo cuántico no es el primero que ha presenciado. «He vivido **tres o cuatro revoluciones de estas**: superconductividad, ordenadores ópticos, inteligencia artificial y ahora la computación cuántica. Siguen la **curva de entusiasmo de Gartner** en la que se dan varias fases, con picos de expectativas sobredimensionadas seguidos de la desilusión al no cumplirse las expectativas generadas. Pero también provoca que se cree un entorno más competitivo que lucha por la inversión, en el que, aunque creo que los investigadores son muy rigurosos, **sí puede haber cierto 'ruido' puntual**. Pero la parte buena de ese hype es que esté llamando a mucho talento y que, al mismo tiempo, se propicie una carrera muy sana entre la computación cuántica y la clásica. Y eso es algo fantástico».

Moda pasajera o no, de momento, la física cuántica parece estar, como su propia naturaleza, en dos sitios a la vez: en el mundo subatómico y en los titulares de toda la prensa. Aunque aún no podemos controlarla del todo con nuestras máquinas.