



Juan Ignacio Cirac

JUAN IGNACIO CIRAC



Director del Instituto Max Planck de Óptica Cuántica de Garching (Alemania)

A pesar de ser habitantes de un mundo a medio camino entre las enormes distancias cósmicas y las microscópicas de los átomos, esos extremos nos atraen. Por un lado creamos instrumentos para observar las fronteras del universo conocido y por otro nos adentramos en el límite de lo muy pequeño, hasta crear dispositivos minúsculos capaces de almacenar información. Pero, en esa carrera hacia lo cada vez más pequeño nos encontramos con una frontera, si cruzamos al otro lado comprobamos que ya no rigen las mismas leyes, hemos entrado en el territorio de la mecánica cuántica. Aquí la realidad parece cambiar, nos enfrentamos con fenómenos que contradicen nuestro sentido común, es el reino de la paradoja. Si aplicamos todo esto al campo de la informática, nos hallamos a las puertas de una nueva disciplina: la computación cuántica. Este es el terreno en el que desarrolla su investigación Juan Ignacio Cirac, galardonado recientemente con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica. Este joven físico, director del Instituto Max Planck de Óptica Cuántica de Garching (Alemania), que visitó el IAC el pasado mes de junio, nos habla en esta entrevista del presente y futuro de esta nueva rama del conocimiento.

COMPUTACIÓN CUÁNTICA Átomos de información

COMPUTACIÓN CUÁNTICA **Átomos de información**

ENTREVISTA
CON JUAN IGNACIO CIRAC



¿Qué le hizo estudiar computación cuántica?

“Llevo trabajando con la física cuántica desde que estudié la carrera. Hice una tesis sobre ella y en 1994, cuando surgió la computación cuántica gracias a los resultados obtenidos por un americano, me sentí atraído por el tema y empecé a trabajar con un equipo.”

¿Cuál es el problema de la computación clásica? ¿Hasta dónde hemos llegado y por qué resulta necesaria una nueva computación basada en las propiedades de lo muy pequeño?

“Los ordenadores van cada vez más rápido. Los chips almacenan tanta información que al final el elemento de información más elemental serán los átomos. Dentro de unos años llegaremos al mundo microscópico. En ese momento, la mecánica cuántica será una necesidad. Simplificando, podemos decir que la computación cuántica utiliza la mecánica cuántica de los sistemas microscópicos para hacer las cosas más rápidas y mejor.”

¿Qué distingue esencialmente la información cuántica de la clásica?

“En la información clásica, la unidad de información es el bit. En la computación cuántica, todo se almacena en términos de qubits o bits cuánticos que, además de tener los valores 0 y 1, pueden tener valores intermedios de superposición, es decir, ser a la vez 0 y 1.”

¿Cuál es el principal escollo que se interpone en la realización de un ordenador cuántico?

“El problema es que no podemos controlar y manejar bien esos sistemas tan pequeños. Hay que aislarlos y manipularlos con láseres que no son perfectos. No disponemos de la herramienta adecuada.”

Al leer el resultado, una vez realizado el cálculo, ¿no estaríamos, de algún modo, interfiriendo según el Principio de Incertidumbre?

“Los algoritmos cuánticos están hechos de tal forma que la probabilidad de obtener un resultado correcto es muy alta. Así que se mide, se obtiene un resultado y, si no es correcto, se vuelve a repetir hasta que es el adecuado.”

Si el ordenador cuántico no puede ser construido a partir del transistor clásico, ¿cómo será el hardware de la computación cuántica?

“No sabemos cómo va a ser el hardware definitivo, pero sí hay prototipos basados en sistemas atómicos en los cuales se tiene un conjunto de 20 ó 30 átomos, iluminados con luz láser, y cada uno de ellos almacena información.”

¿La computación cuántica depende del desarrollo de la nanotecnología y su capacidad de manipular estructuras atómicas?

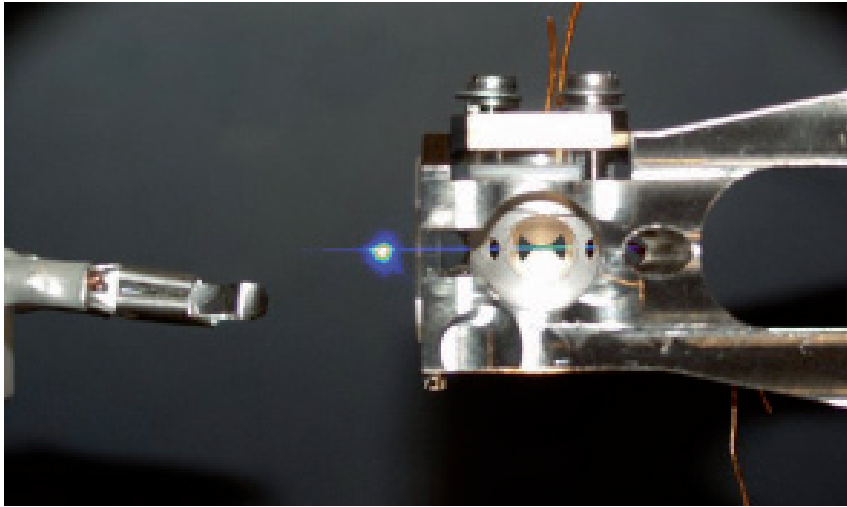
“Está muy relacionada. La computación cuántica necesita dominar el mundo microscópico y eso es lo que intenta la nanotecnología. Lo que ocurre es que la computación cuántica da un paso más y no sólo intenta controlar ese mundo microscópico, sino también sus cualidades cuánticas.”

¿La cuántica también tiene aplicaciones en el terreno del almacenamiento de datos?

“No, tiene muy pocas aplicaciones. Realmente no puede almacenar muchos más datos que un ordenador clásico. En un ordenador cuántico se pueden procesar mejor y más rápido, no guardar.”

«Los chips almacenan tanta información, que al final el elemento de información más elemental serán los átomos.»

«La computación cuántica utiliza la mecánica cuántica de los sistemas microscópicos para hacer las cosas más rápidas y mejor.»



Detalle de la cámara de vacío. Para el tratamiento de la información cuántica, las partículas individuales como fotones, átomos o iones se utilizan como portadores de información (qubits) que se atrapan en una cavidad óptica manteniéndolos en una posición fija. Crédito: Quantum Dynamics Division - Max-Planck-Institut für Quantenoptik.

«En la computación cuántica, todo se almacena en términos de qubits o bits cuánticos que, además de tener los valores 0 y 1, pueden tener valores intermedios de superposición, es decir, ser a la vez 0 y 1.»

Entonces, ¿el computador cuántico no desbancará al clásico? ¿De qué depende su futuro?

“Los ordenadores clásicos estarán durante mucho tiempo. Luego aparecerán los cuánticos y los sustituirán, pero tal vez ocurra dentro de 100 años. Es difícil de predecir, aunque queda mucho. Todavía se está investigando y no sabemos muy bien cómo utilizarlos salvo para obtener una serie de algoritmos.”

Uno de los primeros usos que está teniendo la información cuántica es la encriptación. ¿Cómo se consigue?

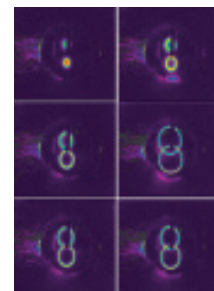
“En la criptografía cuántica no es importante almacenar datos, sino enviarlos. Se consigue a través de superposiciones cuánticas: los bits cuánticos, en lugar de enviar 0 y 1, envían superposiciones de forma que, si alguien los intenta medir, cambia su estado y el receptor puede percatarse de que hay alguien viendo el mensaje.”

Si todo está formado por átomos, la cuántica debería ser una cuestión que interesara a todas las disciplinas científicas. ¿Es la cuántica un puente entre distintos saberes?

“Lo es. Cuando organizas una conferencia sobre mecánica cuántica te encuentras desde matemáticos desarrollando teorías matemáticas de la información, informáticos que buscan algoritmos y protocolos de comunicación, físicos teóricos y experimentales de materia condensada, de estado sólido o de física molecular y atómica, químicos... es una materia muy interdisciplinar.”

Y en el caso de la astrofísica, ¿cómo puede la física cuántica ayudarnos a la comprensión del Universo?

“Sin duda, está muy presente en la astrofísica. Hay dos partes de la cuántica que pueden ayudar a entender el Universo. Por un lado, la relatividad nos permite ir hacia atrás, pero hay un momento inicial en que no sabemos qué pasó y en el que nos hace falta la mecánica cuántica. Sin embargo, no tenemos, por ahora, ninguna teoría de la gravitación cuántica que nos dé una respuesta. Por otro lado, la mecánica cuántica también está presente cuando miramos las estrellas y vemos los espectros de emisión para saber cuáles son los componentes. En el caso de la información cuántica no son estas propiedades espectrales las que se utilizan, sino otras propiedades distintas.”



Generación de pares de fotones entrelazados. El entrelazamiento es un elemento clave de la nueva comunicación cuántica consistente en que dos partículas (fotones), aún tomando caminos diferentes, interactúan, casi telepáticamente, de forma que lo que afecta a una se refleja en la otra. Este estado tiene una gran utilidad en criptografía. Crédito: ICFO - Institut de Ciències Fotòniques.

COMPUTACIÓN CUÁNTICA Átomos de información

ENTREVISTA
CON JUAN IGNACIO CIRAC



¿Habrá una teoría del todo que unifique lo macro y lo microscópico?

“Yo creo que sí, aunque está costando mucho.”

Y en biología, ¿comprender cómo se autoorganizan y ensamblan los átomos puede tener implicaciones en la manera de analizar las moléculas y en cómo se constituye la naturaleza?

“Algunos piensan que dentro de las moléculas hay procesos coherentes parecidos a las superposiciones. Aunque encontramos muchas controversias al respecto: hay quien opina que las temperaturas de las moléculas que hay en la naturaleza son demasiado altas para que estas superposiciones jueguen un papel importante. Sin embargo, no hay duda de que a más bajas temperaturas sí lo juegan. También hay gente que utiliza la mecánica cuántica para promover mejores reacciones químicas, utilizando láseres y el principio de superposición, y obtener productos de una manera más eficiente.”

¿Las posibilidades de computación cuántica nos acercan a la inteligencia artificial?

“Por el momento, no hay quien haya hablado de inteligencia artificial de manera cuántica. Hay un problema de almacenamiento relacionada con el autoaprendizaje. Para resolverlo se pueden utilizar varias reglas, las de la mecánica clásica y la cuántica. En la clásica hay una serie de protocolos que te dicen cómo tienes que resolverlo de una forma determinada. Con la cuántica tienes que encontrar los algoritmos y ver qué es mejor. Para ciertos problemas conocemos esos algoritmos y sabemos que son mejores, pero para la inteligencia artificial, el almacenamiento y procesamiento de información, nadie ha planteado que exista un algoritmo que demuestre que es mejor.”

¿La revolución cuántica es una utopía o una realidad?

“La anterior revolución pertenece a los ordenadores y el transistor que están basados en la mecánica cuántica. Este progreso en el siglo pasado fue debido a la existencia de los láseres, los semiconductores y otras propiedades de los materiales eléctricos. La segunda revolución tendrá lugar cuando el

principio de superposición, la incertidumbre y las propiedades extrañas que utiliza la información cuántica jueguen un papel importante.”

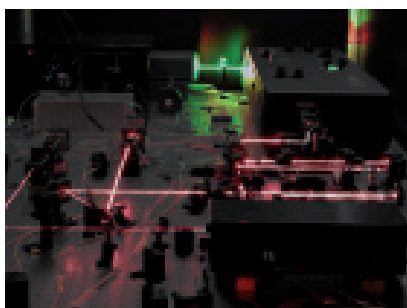
Entonces, ¿este mundo de lo infinitamente pequeño y de efectos extraños está más presente de lo que creemos?

“Dicen que el 40% de la economía actual tiene una base cuántica.”

Por último, ¿Dios juega a los dados?

“Parece que sí. Einstein no se convenció porque no pudo ver los experimentos realizados en los 70 y 80 que han demostrado que existen superposiciones y que cuando las observamos lo que obtenemos es completamente aleatorio. La vida no es determinista.”

«El progreso en el siglo pasado fue debido a la revolución cuántica; los ordenadores y el transistor están basados en la mecánica cuántica.»



*Fotones entrelazados en una mesa óptica. La óptica es esencial en la computación cuántica: un ordenador cuántico precisa de una gran habitación con una cámara de vacío localizada, un gran número de lentes microscópicas y láseres a través de los cuales modificar y posicionar los átomos.
Crédito: ICFO -
Cortesía de H. de Riedmatten & I. Marcikic.*

EVA RODRÍGUEZ ZURITA e IVÁN JIMÉNEZ (IAC)