



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

### “Los ordenadores cuánticos son más sensibles a pequeños errores de escritura”



Comparados con los ordenadores actuales, los cuánticos serán capaces de realizar tareas que hoy nos parecen de ciencia ficción, pero su desarrollo aún es muy experimental. Víctor Martín-Mayor, investigador en el departamento de Física Teórica I de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), ha puesto a prueba a uno de estos prototipos y ha descubierto su punto débil con los errores de escritura, que se producen al codificar los problemas que la máquina tiene que resolver.



Víctor Martín-Mayor, en la Plaza de Ciencias de la UCM. / Carlos Díaz Guerra.

#### ¿En qué punto se encuentran los avances en tecnología cuántica?

El ordenador, los teléfonos móviles... Toda la electrónica moderna es cuántica. No puedes nombrar ningún aparato electrónico que no sea cuántico, al menos, a nivel fundamental, en su funcionamiento. Si me preguntas por computación cuántica, eso está en pañales completamente.

#### ¿Y el ordenador cuántico?

Está en un estado muy experimental. Hay diferentes sugerencias de cómo llegar a la computación cuántica. En nuestro trabajo tenemos en cuenta una de las rutas concretas que se han propuesto, el templado cuántico que, técnicamente, es más fácil que otras. Si comparas con artículos experimentales normales, la gente trabaja con 10 qubits. La máquina con la que hemos estado investigando nosotros tiene 500 qubits, porque es una máquina comercial, un prototipo de investigación. Un



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

ordenador normal usa bits por millones, mientras que estos aprendices de computadores, que son los cuánticos, manejan cifras mucho más pequeñas.

### ¿Qué peculiaridades tienen los qubits?

Con los qubits se pueden hacer manipulaciones que para los bits serían impensables. En cierta forma, las leyes de la mecánica cuántica permiten que tú puedas realizar muchísimos cálculos en paralelo. No uno solo, sino infinitud de ellos. Por eso, idealmente, se pueden hacer cosas que son ciencia ficción para un ordenador tradicional, porque este los tendría que hacer de uno en uno. Pero esto está en pañales todavía. Es investigación fundamental a todos los efectos.

### ¿Cuál es la función de D-Wave, la máquina que han usado?

Es un tipo particular de ordenador cuántico, aunque esto es muy polémico. Hay expertos que aseguran que no es cuántico en absoluto. Como hay mucho dinero de por medio, las polémicas se agudizan: la gente de D-Wave dice que su ordenador es cuántico, pero los competidores afirman que no.

### ¿Cómo puede ser y no ser?

Las cosas nunca son tan sencillas. Tú generas un aparato que dices que va a cumplir una función. Pero no lo hace. Hay muchas explicaciones posibles. La que prefieren los detractores de D-Wave es que se pierde la coherencia cuántica.

### ¿Qué entendemos por coherencia cuántica?

La mecánica cuántica se basa en una propiedad que es tremendamente delicada, la coherencia de onda. Es lo mismo que sucede cuando tiras dos piedras en un estanque y se producen dos ondas que empiezan a interferir entre sí. La coherencia de onda es lo que permite que se puedan hacer todos los cálculos en paralelo. Por así decirlo, cada cálculo sería como una onda que se produce cuando uno tira una piedra al estanque. La onda se va propagando, otro cálculo es otra onda, ambas ondas interfieren, pasan sin destruirse, y los dos cálculos se pueden hacer a la vez. La coherencia es una propiedad terriblemente delicada. Cualquier ruido la destruye. Con que el chip esté un poco más caliente de lo que tiene que estar, se pierde. Física experimental de punta. Mantener un sistema relativamente grande tan frío y tan aislado del exterior es un desafío tecnológico tremendo.

### Para funcionar, ¿el chip tiene que estar a temperaturas muy bajas?

Bajísimas. Milikelvin ( $10^{-3}$  Kelvin). Había leído que el chip era el sitio más frío de todo el sistema solar, aunque puede ser una exageración. Desde luego, parece impensable que se pueda tener de forma continuada a lo largo de meses un chip enfriado a esas temperaturas. Yo he estado viéndolo en Los Ángeles, en el *Information Sciences Institute (University of Southern California)*, y es impresionante. Lo tienen en un cubo de seis o siete metros de lado, y eso es todo el sistema de refrigeramiento. Tienen que dedicar una cantidad inmensa de maquinaria al aislamiento, al enfriamiento.

### En su estudio, ¿han puesto a prueba la máquina?

Sí. Cuando tienes una máquina que en teoría puede llegar a hacer lo que no consigue un ordenador convencional, lo que tienes que hacer es encontrar un problema que un ordenador tradicional le cueste mucho resolver y probarlo. A mí me conocía gente de allí, del *Information Sciences Institute*, porque he trabajado en un tipo de



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

problemas que se usan como banco de pruebas porque proporcionan problemas computacionales de los más duros que se conocen.

### ¿Cuáles han sido los resultados?

Lo que vimos en una primera aproximación es que funcionó regular. Hicimos una metodología de prueba de chip nueva, poniéndolo a prueba de forma mucho más exigente que lo habían hecho nunca en el *Information Sciences Institute*. Hemos intentado resolver con el chip problemas mucho más difíciles de los que ellos habían intentado nunca y nos hemos encontrado con que funciona mal. Le cuesta mucho resolverlos. Algunos no los resuelve en absoluto.

### ¿Y a qué puede deberse?

Curiosamente, nos hemos dado cuenta de que el efecto no tiene nada que ver con que el ordenador sea cuántico o no, que es lo que quería decir la competencia. El problema no es ese. El problema lo tendría cualquier ordenador cuántico porque, cuanto más difícil es un problema de este tipo, más sensible se hace a pequeños errores de escritura. Tú quieres resolver un problema y tienes que programar eso en el chip, y siempre hay fallos asociados en la escritura de los parámetros del problema. Errores cuando directamente lo codificas y lo plasmas en una interacción entre los puntos cuánticos. Hay fallos pequeños, del orden de un 1%. Lo que ocurre es como la ley de Murphy, que cuanto más difícil es el problema, más críticos se hacen los errores de escritura.

### ¿Qué habría que mejorar?

El problema no es que el ordenador sea cuántico o no, sino que hay que mejorar mucho la precisión. Algo muy importante que les falta todavía a los ordenadores cuánticos son técnicas eficientes de corrección de errores. Y, en particular, lo que parece, según toda la evidencia que hemos reunido, es que lo que más limita el funcionamiento de la máquina es la precisión, que cometes un error crítico o no cuando escribes los parámetros del problema que quieras resolver en la máquina. Si escribes los parámetros mal, la máquina te resuelve otro problema y te da la solución de ese otro problema. Es un poco frustrante porque es un error aleatorio. No sabes cuál ha sido el fallo que ha cometido la máquina, ni tienes forma de saberlo. Lo que nosotros hemos estudiado con detalle en el artículo es cómo de eficiente era la máquina en función de la dificultad.

### Y cuanto más difícil, ¿menos eficiente?

Lo que uno querría es que, con independencia de lo difícil que sea el problema, siempre me lo resuelva en el mismo tiempo. Pero no, cuanto más difícil es, más pruebas tengo que hacer hasta que al final encuentro una solución. El problema es que yo sé que siempre que programo el chip puedo estar cometiendo errores. Cuanto más difícil es el problema que intento resolver, más críticos se hacen esos errores. La solución es muy inestable, a pequeños fallos de programación. En esto influye también que los ordenadores cuánticos actualmente no son digitales, que es una tecnología mucho más resistente a errores. Son analógicos.

### ¿Es uno de los puntos débiles de los ordenadores cuánticos?

Sí. Leí hace poco un artículo hablando de una implementación digital de una computación cuántica, de 9 qubits. A pequeña escala pero digital. En el caso de ordenadores cuánticos más grandes, la idea sería introducir cierta redundancia en el



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

problema. Es lo mismo que se hace en los ordenadores clásicos: te defiendes de los errores mediante redundancia.

### ¿Se atreve a dar una fecha para el ordenador cuántico?

Es todavía investigación fundamental. Le pasará lo que a los chips normales, que empezaron como juguetes de laboratorio y ahora los tiene todo el mundo.



**Referencia bibliográfica:** Víctor Martín-Mayor & Itay Hen. “Unraveling Quantum Annealers using Classical Hardness”, *Scientific reports*, octubre 2015. [DOI: 10.1038/srep15324](https://doi.org/10.1038/srep15324).

