

# “ LOS AVANCES CIENTÍFICOS SE DEBEN ORIENTAR AL BIENESTAR GENERAL ”

## Juan Ignacio Cirac

DIRECTOR DEL INSTITUTO MAX-PLANCK DE ÓPTICA CUÁNTICA

Y CO-DIRECTOR DEL CENTRO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS DE MÚNICH

UNA ENTREVISTA DE: JUAN M. ZAFRA  
FOTOS: ENRIQUE TORRALBO

Juan Ignacio Cirac transmite seguridad y confianza en cada una de sus palabras, de sus gestos. Es un genio accesible, una persona extraordinaria y un investigador con una capacidad excepcional para explicar las cuestiones más complejas con una sencillez absoluta y, sobre todo, con una generosidad casi única. Si la Segunda Revolución Cuántica va a suponer que atravesamos una nueva frontera en el desarrollo de la humanidad, con Ignacio Cirac, reconocido como una autoridad mundial en la materia, podemos estar muy tranquilos porque será para bien.

Juan Ignacio Cirac  
Director at the Max Planck Institute for Quantum Optics in Munich and co-director of the Munich Center for Quantum Sciences and Technologies  
“THE SCIENTIFIC ADVANCES MUST BE ORIENTED TO THE GENERAL WELFARE”

Juan Ignacio Cirac transmits certainty and confidence in each of his words and gestures. He is an accessible genius, an extraordinary person and a researcher with an exceptional capacity to explain the most complex questions with absolute simplicity and, above all, with an almost unique generosity. If the Second Quantum Revolution is going to mean that we are crossing a new frontier in the development of humanity, with Ignacio Cirac, recognized as a world authority on the subject, we can rest assured that it will be for the better.

**Keywords:** quantum, quantum physics, quantum computing, quantum communications, welfare.

Palabras clave:  
cuántica,  
física cuántica,  
computación cuántica,  
comunicaciones cuánticas,  
bienestar.



Juan Ignacio Cirac está considerado el abanderado de la llamada Segunda Revolución Cuántica, aquella que supone la aplicación de la física cuántica a la computación y a las comunicaciones. “Estamos atravesando una nueva frontera”, subraya Juan Ignacio Cirac (Manresa, 1965), doctor en Física por la Universidad Complutense de Madrid, que atesora premios y reconocimientos de primer nivel internacional —entre ellos, el Príncipe de Asturias— por su trabajo en el campo de la óptica cuántica, la computación y la comunicación cuántica. Estamos ante un nuevo mundo, “aunque las aplicaciones no se conocen e iremos descubriéndolas cuando nos vayamos adentrando en él”, advierte. Para Cirac, director del Instituto Max-Planck de Óptica Cuántica en Alemania desde 2019 y vocal del Consejo de Administración de Telefónica, “tenemos que pensar de qué forma la tecnología cuántica y otras tienen un impacto en la sociedad y que este impacto sea ético y nos ayude a mejorar a todos”.

#### ¿De qué hablamos cuando hablamos de computación cuántica?

Hablamos de un ordenador; de un superordenador como los que hemos conocido hasta ahora, pero que nos permiten hacer cálculos muy especiales. No son los cálculos que hacemos en casa, porque se trata de un superordenador muy distinto a los que tenemos hoy en día; funciona de otra manera completamente distinta y eso nos da ventajas y nos permite hacer operaciones mucho más complicadas y muchísimo más rápido que las que pueden realizar hoy los superordenadores que conocemos. De hecho, hay algunos cálculos que nunca podremos hacer si no disponemos de ordenadores cuánticos. En algunos casos, van mucho más allá de los superordenadores que se han construido o se están construyendo.

#### En realidad, hablamos de computación cuántica pero previamente deberíamos hablar de física cuántica, ¿correcto?

Lo que hace la computación es resolver problemas. A lo largo de la historia de la humanidad hemos resuelto los problemas de forma diferente, utilizando distintas leyes de la física. Los ábacos utilizaban la mecánica, los ordenadores convencionales, la electrónica. Lo que nos permite la física es hacer operaciones; con la computación cuántica lo que estamos haciendo es utilizar las leyes de la física cuántica para procesar la información de la que disponemos.

#### ¿Qué harán los ordenadores cuánticos que no hagan los que utilizamos ahora en diferentes entornos, desde el que tenemos en casa al que hay en el Centro de Supercomputación de Barcelona?

La diferencia real la encontraremos en lugares como el Centro de Supercomputación de Barcelona. Porque los que tenemos en casa ya nos cubren nuestras necesidades personales básicas: correo electrónico, jugar, hacer la declaración de la Renta... Los ordenadores cuánticos son muy, muy potentes y, por tanto, se tienen que utilizar para problemas que requieren una gran potencia de cálculo. Esos no son los problemas que tenemos habitualmente; se refieren al uso de materiales, al diseño de fármacos o hacer todo tipo de predicciones. Es importante pensar que hace 80 años, cuando se dieron a conocer los primeros ordenadores normales, electrónicos, se pensaba que no serían muy útiles; no se podían imaginar que hoy en día los tenemos encima de nuestras mesas. Por eso, es posible que una vez se consigan estos ordenadores cuánticos, más allá de realizar cálculos complicados, se desarrollen aplicaciones que nos puedan beneficiar en nuestras casas, en nuestra vida cotidiana. Pero estas aplicaciones todavía no se conocen.

#### Los primeros ordenadores electrónicos necesitaban una enorme sala para ellos solos, instalaciones enormes, y ahora llevamos un superordenador electrónico en el bolsillo. ¿Ocurrirá lo mismo con los supercomputadores cuánticos?

Estoy seguro de ello. No sé cuándo ocurrirá, pero llegará. Lo que hacemos con la tecnología es atravesar fronteras. Con los ordenadores electrónicos superamos la frontera de la electrónica porque fuimos capaces de crear circuitos electrónicos y hacer cosas que parecían inimaginables y difíciles de predecir como las cajas registradoras, los teléfonos móviles o los videojuegos. Con la física cuántica nos pasa algo parecido: estamos atravesando una frontera. Y una vez que atravesamos esa frontera, es muy difícil saber ahora cuáles van a ser las aplicaciones más importantes. Conocemos ya algunas, pero la historia nos ha enseñado que cuando cruzas una frontera tecnológica, las aplicaciones más importantes están aún por descubrir.

#### El desarrollo de las redes con tecnología 5G es necesario, conveniente o, sencillamente, ¿no está desvinculado de las aplicaciones que se pueden desarrollar con la computación cuántica?

La computación cuántica va a necesitar de comunicaciones y también va a facilitar comunicaciones. Cuanto más rápida sea la comunicación, mejor será para la computación cuántica. Las ventajas que tiene la tecnología 5G podrán ser explotadas en la comunicación entre ordenadores cuánticos. Ha hecho una analogía que es muy interesante: la tecnología 5G se conocía hace ocho años, pero no se sabía cómo se iba a aplicar en la industria, el automóvil o los juegos; con la cuántica ocurre lo mismo, iremos descubriendo aplicaciones.

“NECESITAMOS  
AVANCES  
CIENTÍFICOS Y  
TECNOLÓGICOS  
Y QUE ESTOS  
SE ORIENTEN  
A ELIMINAR LA  
DESIGUALDAD”

#### ¿Existen ya o no ordenadores cuánticos?

Existen prototipos que demuestran que se pueden construir y explotar sus aplicaciones. Son muy pequeños y todavía tienen errores. Para construir ordenadores cuánticos tenemos que romper la frontera de la física cuántica, más allá de lo que podemos hoy en día. Sin embargo, aunque son pequeños e imperfectos, ya existen problemas que se pueden resolver con ellos más rápidamente que con superordenadores convencionales. De ahí viene la confusión: no son todavía los ordenadores cuánticos con los que soñamos, pero ya están haciendo alguna cosa muy especial.

#### ¿Se han utilizado computadores cuánticos para combatir la pandemia?

No. Las aplicaciones actuales están en el ámbito académico. Las aplicaciones más prometedoras y más avanzadas están relacionadas con el diseño de materiales y con el diseño de fármacos.

**La lengua española es rica y ya venimos utilizando desde hace tiempo la expresión “salto cuántico”. Lo** ▶▶▶

“ LA  
TECNOLOGÍA  
CUÁNTICA,  
COMO TANTAS  
OTRAS, TIENE  
UN IMPACTO EN  
LA SOCIEDAD  
Y TENEMOS QUE  
PENSAR DE QUÉ  
FORMA ESE  
IMPACTO ES  
ÉTICO Y AYUDA  
A MEJORAR ”

**que nos describes es precisamente un salto enorme que no sabemos adónde nos llevará. En cualquier caso, ¿será un escenario completamente distinto?**

Sí. Será una disrupción. Yo lo comparo con el descubrimiento de la electricidad o del electromagnetismo, de la comunicación por ondas. Hemos llegado a la telefonía móvil a partir de ahí. Cuando atravesemos la frontera y apliquemos la física cuántica a la computación y a la comunicación habremos cambiado el escenario. Podremos hablar entonces de la Segunda Revolución Cuántica.

**Con unas máquinas superpotentes, con una capacidad de proceso y de comunicación muy superior a la que tenemos los humanos, ¿qué será de nosotros? ¿Nos habremos quedado ob-**

**soletos en términos de procesamiento y de comunicación de información?**

No, no nos habremos quedado obsoletos. Eso ya es otro salto muchísimo mayor. La computación cuántica nos va a dar nuevas oportunidades y en campos muy diversos, también en el de la inteligencia artificial, pero de ahí a que las máquinas reemplacen a los humanos o nos dejen a un lado... Creo que hay muchas características de los seres humanos que son muy difíciles de replicar por los ordenadores.

**¿Cómo imaginas la vida cotidiana en ese mundo cuántico?**

La mayoría de aplicaciones que conocemos por ahora son indirectas, secundarias. Es ese un aspecto importante de la investigación científica en general, que los mayores beneficios son difíciles de predecir. Para que se entienda la situación: imagínate que a partir del año que viene vas a poder realizar cálculos mil millones de veces más rápido que los que se hacen ahora. ¿Qué hago con eso? En un primer momento no lo sabrás, pero si compartes ideas, desarrollos e innovaciones con los diseñadores, los ingenieros... surgirán muchas más cosas, cosas más grandes. No obstante, es importante subrayar que no conocemos todos los casos de uso de los ordenadores cuánticos y ni siquiera si tendrán o no ventaja respecto a los convencionales. Lo bueno es que las empresas están trabajando en esta zona oscura para determinar si los ordenadores cuánticos van a ayudar a realizar un mejor producto, de una forma más económica y también más sostenible.

**¿Acceder o no y más o menos tarde a la computación cuántica y a sus aplicaciones va a ser otro factor de desigualdad?**

Es una cuestión que hay que valorar y creo que los países lo están teniendo muy presente. Imagínate que un país que no es España ni está en Europa tiene un ordenador cuántico. Eso quiere decir que tiene potencia para, por ejemplo, descifrar mensajes, con lo cual la seguridad de los demás países no está garantizada. O podría desarrollar armas mucho mejores con sus cálculos, o llevar a cabo investigaciones químicas para su



sanidad o sus productos y no exportarlas. Por eso es importante conocer qué tecnologías, en manos de quién están y, sobre todo, cómo podemos hacerlas accesibles y que beneficien al conjunto de la sociedad. Los científicos, como es mi caso, podemos trabajar e informar, pero no tomamos ese tipo de decisiones.

**¿Te consultan mucho los gobiernos?**

Sí. Me consultan mucho en Alemania y en el Estado de Baviera. Sobre todo, me preguntan sobre la situación actual y acerca de qué podemos esperar. Como ocurre con muchos otros cambios, se suele querer pensar que estos avances son la solución para todo y hay que tener los pies en el suelo. Los científicos tenemos que ser muy sinceros respecto a lo que tenemos y conocemos.

**¿Hay una carrera entre las grandes potencias por dominar la computación y la comunicación cuánticas como la hay por la inteligencia artificial?**

Sí, si hay una carrera entre China, Estados Unidos, Europa y otros países como Japón y Singapur. Pero la que más recursos está dedicando a la investigación es China, como en tantos otros campos; también Europa; y Estados Unidos, aunque allí la financiación viene más por las empresas privadas.

En Europa, lo significativo es que, en la parte científica, estamos por delante de los americanos y también de los chinos, pero el tránsito de los avances en el mundo académico a la industria se hace de forma más eficiente en el ámbito americano que en el europeo. En EE. UU., las empresas arriesgan y en Europa somos más conservadores y lo fiamos más a los fondos públicos.

**¿Ha habido más apoyo en el marco de los fondos Next Generation EU para la computación cuántica?**

Sí, sí. Además, este campo es uno de los proyectos incluidos entre los *flagship*<sup>1</sup>. En esta nueva etapa se multiplicarán los fondos públicos por la cuestión de la soberanía tecnológica: qué ocurriría si otros países llegan antes y no nos venden su tecnología. Se está impulsando no solo a nivel europeo, sino también de cada país. En Alemania, por ejemplo, ahí hay un consenso político para avanzar en la dirección de la computación cuántica.

<sup>1</sup> La Comisión Europea ha lanzado varios programas emblemáticos para abordar los principales desafíos científicos y tecnológicos e impulsar la innovación en la UE. Estos programas (conocidos como *flagship* o proyectos emblemáticos se refieren a iniciativas de investigación a largo plazo y a gran escala). Los programas en vigor en la actualidad están en los campos del desarrollo de baterías de alto rendimiento; el grafeno, el cerebro humano y las tecnologías cuánticas.

ca; en España, también, a través de la Secretaría de Estado de Digitalización.

**En un entorno geopolítico como en el que estamos ahora mismo, la ciberseguridad toma una importancia aún más relevante si cabe, ¿qué significa la computación cuántica en esta materia?**

Bueno... la computación cuántica es una amenaza para la criptografía. Por eso se está trabajando tanto en el terreno de las comunicaciones, como en el de la computación para proteger los mensajes de la propia computación cuántica. En ese campo trabaja, por ejemplo, Telefónica, que forma parte de varios consorcios multinacionales y es pionera en este ámbito.

**El mundo cuántico avanza en la dirección de la sociedad distribuida que también se desarrolla con otras tecnologías. ¿Correcto?**

Tenemos que pensar de qué forma la tecnología cuántica y otras tienen un impacto en la sociedad, y que este impacto respete la ética y nos ayude a mejorar a todos.

**¿Cómo deberíamos prepararnos para ese momento en el que se supere la frontera y nos adentremos en el mundo cuántico?** ■■■

“ EL PRIMER  
PAÍS QUE  
LOGRE UN  
ORDENADOR  
CUÁNTICO  
DISPONDRÁ  
DE UNA  
VENTAJA  
ENORME  
EN EL  
CONTEXTO  
MUNDIAL ”





## UNA VIDA CUÁNTICA

“La física cuántica parece extraña al principio: las cosas pueden estar en más de un lugar al mismo tiempo; la observación cambia el objeto observado; nada se puede predecir con certeza”, resume la página *Quantum flagship* de la Comisión Europea. El mundo cuántico se refiere a partículas individuales, ultra pequeñas e indivisibles de luz y energía. No es algo que se pueda entender, modelar y divulgar con facilidad.

Juan Ignacio Cirac lo logra. Es el mejor en esas materias y sus conocimientos se extienden por multitud de organizaciones con la vista puesta en el futuro. Citamos solo algunas. Es miembro del Consejo de Administración de Telefónica y del consejo asesor de Telefónica Tech, así como del comité científico de TELOS. Es también director del Instituto Max-Planck de Óptica Cuántica y co-director del Centro de Ciencias y Tecnologías Cuánticas de Múnich, entre otras instituciones académicas y comités científicos de varios centros internacionales de investigación como Harvard, Maryland y MIT —en EE. UU.—, Kyoto, Tsinghua y Singapur —en Asia— y en Europa. Entre los premios recibidos pueden destacarse el Premio Micius de Computación Cuántica de la Fundación Micius (China); John Bell, de la Universidad de Toronto; Max-Planck, de la Sociedad Alemana de Física; Wolf de Física; Benjamin Franklin, Fronteras del Conocimiento de la Fundación BBVA; Carl Zeiss; Nacional Blas Cabrera; Electrónica Cuántica de la Sociedad Física Europea; Felix Kuschenitz, de la Academia Austríaca de Ciencias y Príncipe de Asturias a la Investigación Científica y Técnica. Es, además, embajador honorario de la Marca España y miembro electo de la Real Academia de Ciencias de España.

Déjame ir atrás. Cuando se descubrió la electricidad y el magnetismo, era imposible explicárselo a la gente. Las siguientes generaciones no han tenido ningún problema en aplicarlo. Con la cuántica, pasa lo mismo. Nos cuesta entenderla, pero las nuevas generaciones ya conviven con ello. Dentro de diez años las tecnologías estarán más implantadas en la sociedad y, por tanto, los jóvenes de hoy, con perfiles técnicos o no, se irán adaptando a vivir con ellas. En Alemania, se lo están tomando muy en serio y están formando a la gente en tecnologías cuánticas a pesar de que todavía queda mucho camino que recorrer.

### ¿Hay déficit de talento?

En el ámbito académico, no. Pero hay déficit de talento en las empresas. Algunas de ellas ya se están preparando y están formando especialistas en estos campos.

### ¿Qué hay de los jóvenes que prefieren estudiar humanidades?

Dentro de las humanidades hay muchas cosas que aportar a la tecnología. En el campo del derecho es evidente; la ética detrás de las aplicaciones; y la historia, incluso, nos ayuda a comprender de dónde venimos y hasta dónde queremos llegar.

### ¿El futuro cuántico será mejor? ¿O lo cuántico ayudará a que lo sea?

Yo soy muy optimista. Tiempos pasados parecen mejores porque siempre nos acordamos de lo bueno, pero si echamos la vista atrás, no de manera individual sino globalmente, hemos mejorado en todos los aspectos. Queremos más igualdad y las tecnologías pueden hacer que lo logremos. Lo que necesitamos es que no solo se produzcan avances, sino que una parte de la sociedad se ocupe de que los progresos se encaminen en esa dirección.

### ¿A quién le corresponde ese papel?

A los legisladores, que los elegimos cada uno de nosotros. A los científicos nos corresponde exponer las cosas —como estamos haciendo ahora en TELOS— para que se entiendan tanto por parte de la ciudadanía como por los que toman las decisiones.