

TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS: PRÓXIMA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL



El desarrollo de tecnologías basadas en la teoría cuántica puede abrir a la humanidad asombrosas posibilidades en terrenos que van desde los dispositivos ópticos y electrónicos hasta la medicina y la biología.

Por:

Leonardo A. Pachón Contreras

*Doctor en Física. Docente Instituto de Física,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.*

*Grupo de Investigación Grupo en Física Atómica y Molecular,
Universidad de Antioquia.*

*leonardo.pachon@udea.edu.co;
gfam.udea.edu.co/~lpachon/*

En el siglo XXI, la física prevé transformar nuevamente la civilización, esta vez a través de una revolución industrial y tecnológica basada en la mecánica cuántica: un cambio de paradigma de la dimensión del que generó la invención del transistor. A esta revolución se llega después de haber agotado las posibilidades que la física clásica ofrece para extraer, almacenar y procesar información y energía. Las tecnologías cuánticas permitirán resolver problemas que no se pueden resolver ni con la más modernas de las tecnologías actuales, y en la Universidad de Antioquia estamos contribuyendo a esa revolución.

¿Qué es la teoría cuántica?

Para entender la revolución industrial que se está fraguando en universidades y centros de investigación de todo el mundo, es importante conocer la teoría física que la soportará. Esta teoría es la cuántica, que

no es otra cosa que el lenguaje que construimos los físicos para descifrar las reglas de la naturaleza en sistemas físicos como átomos y moléculas, circuitos superconductores y en procesos como la fotosíntesis, la formación de átomos al interior de las estrellas, el origen del universo y los procesos de la vida misma.

La mecánica cuántica traduce ese lenguaje en símbolos matemáticos que permiten a los físicos predecir el comportamiento de esos sistemas para entenderlos, manipularlos y controlarlos. Este lenguaje difiere del lenguaje que Galileo y Newton construyeron para entender el mundo que nos rodea en su capa más superficial: la física clásica, y tiene construcciones gramaticales que lucen absurdas y sin sentido al traducirlas a dicho lenguaje clásico.

En estas construcciones cuánticas, cuando se describe el sistema físico, es posible formular que este *es* y *no es* al mismo tiempo, que *está* y *no está* en un lugar

simultáneamente o que en paralelo *realiza y no realiza* una acción. En la gramática del lenguaje clásico, no existe la conjunción “y”, solo existe “o”; por tanto, al traducir esta descripción al lenguaje clásico se leería que el sujeto *es o no es, está o no está, realiza o no realiza* una acción; es una traducción pobre de lo que se expresa cuánticamente. En términos físicos, la existencia de esta conjunción “y” se conoce como el principio de superposición y define la gramática cuántica. Este principio es responsable de procesos como el entrelazamiento cuántico, que es uno de los “recursos naturales” a explotarse en las tecnologías cuánticas.

Mecánica cuántica en la vida diaria.

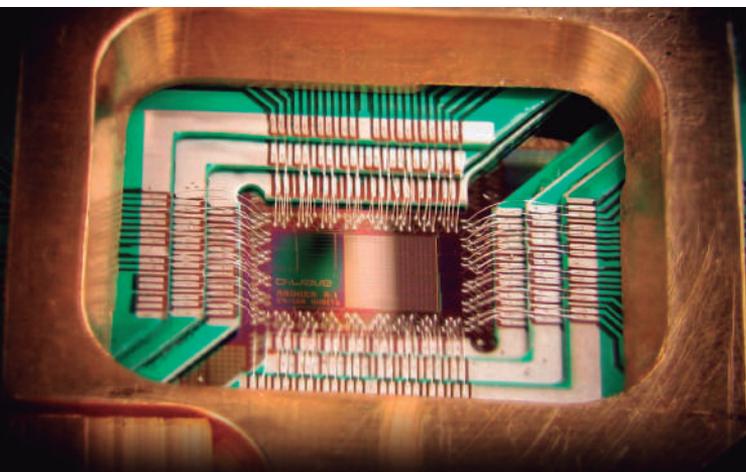
Los fenómenos físicos que se entienden de manera exclusiva con la teoría cuántica, que denominamos fenómenos cuánticos, han permitido transformaciones tecnológicas en la cotidianidad, que van desde *todas* las ayudas médicas diagnósticas, el desarrollo de medicamentos y nuevos tratamientos médicos o el inicio de la era de la energía solar hasta *todos* los desarrollos de la electrónica, incluyendo el control remoto del televisor de su casa y su teléfono celular. Además, permiten explicar por qué el agua de los ríos y océanos no se evapora a temperatura ambiente, por qué el cielo es azul y la clorofila verde, por qué no vemos en la oscuridad y hasta por qué el imán de la puerta de la nevera no se cae.

Técnicamente, todos los sistemas físicos pueden describirse usando el lenguaje cuántico. Sin embargo, aún no usamos todas las construcciones de la gramática cuántica al momento de formular los diseños de nuestros desarrollos tecnológicos. El uso fluido y colorido de este lenguaje es lo que se busca con el desarrollo de las tecnologías cuánticas.

La contribución de la UdeA

Los rasgos cuánticos de un sistema físico son frágiles y su existencia está limitada por un proceso denominado *decoherencia*, el cual emerge cuando se acopla el sistema al resto del universo. Un sistema físico pierde sus rasgos cuánticos, la capacidad de usar la “y”, al entrar en interacción con su entorno. En otras palabras, las voces cuánticas se desvanecen detrás de los potentes gritos del mundo clásico.

Un asunto fundamental aquí es entender, *para cada sistema físico*, qué es el entorno. En algunos casos es sencillo; por ejemplo, si se desea estudiar una molécula que está anclada en una proteína o en un medio acuoso, entonces esa estructura o ese medio serán el entorno; incluso la radiación solar podría entenderse como un entorno. Ahora, si se lograra extraer esa molécula de esa proteína o de la solución acuosa para estudiar solo sus electrones, entonces sus protones y neutrones se convierten en el entorno. De manera que definir y caracterizar el entorno, para cada sistema físico, no es una tarea trivial.



La computación cuántica es una de las grandes promesas derivadas de las tecnologías cuánticas hoy en desarrollo.
Foto: Wikipedia.

La cuántica no es otra cosa que el lenguaje que construimos los físicos para descifrar las reglas de la naturaleza en sistemas físicos como átomos y moléculas.

Los resultados obtenidos aquí están aún por ser explotados en la optomecánica cuántica y en el desarrollo de celdas solares. Por tanto, confiamos en que su impacto seguirá creciendo.



El estudio cuántico de la incidencia de la luz sobre materiales ayuda al mejoramiento de tecnologías como los paneles solares.
Imagen: Unsplash

Durante las últimas décadas se ha asumido que el entorno puede considerarse como un sistema sin la habilidad de hablar el lenguaje cuántico, es decir, un sistema clásico. Esta ha sido una aproximación muy fuerte que empieza a quedarse sin sustento a medida que se avanza en el desarrollo de las tecnologías cuánticas.

El proyecto *Baños térmicos cuánticos: Influencia de la no-gaussianidad estadística y no-localidad dinámica en la evolución temporal de sistemas cuánticos abiertos* se enmarcó en el desarrollo de tecnologías cuánticas que permitan manipular sistemas moleculares, ópticos, optoelectrónicos (como los paneles solares, las luces LED o el nuevo televisor OLED) y otros del estado sólido, con el fin de realizar mediciones ultraprecisas, detectar ondas gravitacionales, realizar operaciones en computación cuántica, manipular el transporte de energía en complejos fotosintéticos (estructuras donde las plantas transforman luz en energía química) o estudiar aspectos tan fundamentales como la transición desde lo cuántico hasta lo clásico.

Los resultados más relevantes del trabajo abarcan una propuesta experimental para caracterizar el entorno y reconstruir completamente la dinámica de sistemas

moleculares tales como los complejos fotosintéticos, nuevos mecanismos para el control de sistemas cuánticos asistidos por su entorno, una teoría de transferencia de energía basada en la electrodinámica de los complejos fotosintéticos, nuevos límites para predecir la existencia de fenómenos cuánticos a altas temperaturas, un mecanismo de enfriamiento de sistemas optomecánicos y la predicción de fenómenos de sincronización en este tipo de sistemas. A mediano plazo, se espera que los resultados generados impacten el desarrollo de estrategias de protección de la coherencia y el entrelazamiento cuántico basadas en la manipulación del entorno.

Los resultados obtenidos aquí están aún por ser explotados en la optomecánica cuántica y en el desarrollo de celdas solares. Por tanto, confiamos en que su impacto seguirá creciendo. Esperamos también la ampliación y consolidación del conocimiento sobre la dinámica de sistemas cuánticos abiertos en grupos y centros de investigación colombianos a través de colaboraciones locales y formación de científicos en otras regiones. Consideramos que el recurso humano formado y los resultados derivados serán fundamentales en la consolidación futura y el liderazgo en el plano internacional de la Universidad de Antioquia en las temáticas del proyecto. ✖