

Celebrando 100 años de revolución cuántica

Gerardo Gutiérrez-Ramírez ¹

DOI: <https://doi.org/10.64121/rece.2026v4.g022>

Introducción

Hace cien años se llevó a cabo una de las mayores transformaciones dentro de la ciencia: la consolidación de la teoría de la mecánica cuántica (Ilustración 1). Es raro que una idea o teoría científica cambie radicalmente nuestra perspectiva de la realidad. Es justo este tipo de momento revolucionario que se celebra en 2025, año declarado por las Naciones Unidas como el Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas. En este año se celebra el nacimiento de esta teoría, que surgió con una avalancha de artículos hace 100 años. Así como sería imposible comprender la biología moderna sin la teoría de la evolución de Charles Darwin, la comprensión fundamental del mundo físico se basa ahora en principios cuánticos. La física moderna es física cuántica. Por ello, vale la pena hacer un pequeño recorrido en la historia de sus orígenes, para comprender y visualizar el futuro que se está construyendo con esta teoría.

Cuantos de energía

¿Qué es la luz? Ya desde el siglo XVII se planteaba esta pregunta a modo de debate. Un grupo aseguraba que la luz estaba compuesta por partículas diminutas, una idea defendida por el físico inglés Isaac Newton. Sin embargo, otro grupo defendía la idea de la luz como fenómeno ondulatorio. En 1803, el experimento de la doble rendija del físico británico Thomas Young proporcionó la prueba definitiva de la naturaleza ondulatoria de la luz, pues se observó que la luz generaba interferencias al momento de pasar por la doble rendija, lo cual sería inexplicable con un comportamiento de partícula.

Parecía que de alguna manera la propuesta ondulatoria había triunfado. Sin embargo, a inicios del siglo XX los físicos

alemanes Max Planck y Albert Einstein recurrieron nuevamente a las ideas de Newton, señalando que la luz estaba constituida de “grumos” discretos. Debieron recurrir a esta propuesta para dar solución a los problemas de cuerpo negro y efecto fotoeléctrico, respectivamente.

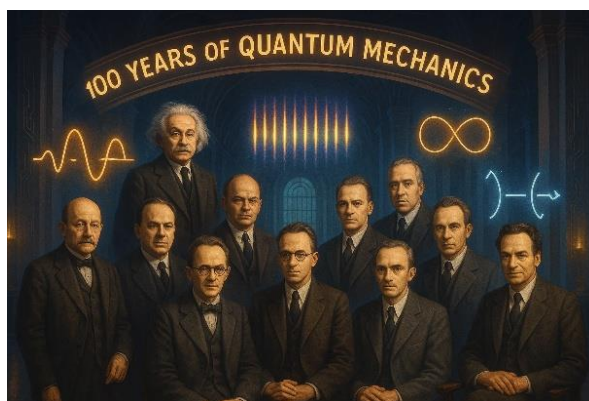


Ilustración 1: Cien años de mecánica cuántica. (Imagen propia, Sora AI)

En efecto, Planck presentó una solución interesante para el problema de los cuerpos negros. Estos son objetos que absorben toda la radiación que incide en su superficie; no refleja ninguna radiación y la energía que emite depende de su temperatura. Los cuerpos negros perfectos no existen. Las teorías que se tenían hasta ese momento predecían que, al no existir un límite superior en la generación de las frecuencias elevadas, la cantidad de energía irradiada por un cuerpo negro debía seguir aumentando infinitamente, lo cual no se observaba. Es lo que se denominó “catástrofe ultravioleta”, pues a partir de las altas frecuencias del ultravioleta no se observaba el incremento infinito de energía. La solución de Planck fue suponer que los átomos del cuerpo negro vibran y emiten energía en paquetes discretos denominados “cuantos”. El tamaño de estos cuantos es proporcional a la frecuencia de vibración de los átomos. Aunque en teoría hay un número infinito de frecuencias altas, hace falta cada vez mayor energía para liberar cuantos en esos niveles. Haciendo una analogía

con una escalera, para ascender a niveles más altos de energía emitida, debemos subir por escalones que cada vez se van ampliando más en altura.

El efecto fotoeléctrico es la emisión de electrones por parte de algunos metales cuando se les hace incidir un rayo de luz. Einstein dio explicación a este fenómeno al retomar la idea de los cuantos de Planck. Consideró que la luz estaba constituida por corpúsculos, denominados fotones, que tendrían su energía cuantizada y, dependiendo de cuánta energía tuvieran, lograrían arrancar los electrones del metal superando una cierta barrera energética.

Partículas y ondas

En un experimento llevado a cabo en 1922 por el físico estadounidense Arthur Compton se logró dispersar rayos X con electrones. El pequeño cambio resultante en la frecuencia de los rayos X, que se denominó efecto Compton, demostró que tanto los rayos X como los electrones se comportaban como partículas al chocar. La controversia estaba servida. ¿La luz, entonces, era onda o partícula? En 1924 Louis de Broglie dio una increíble respuesta: materia y energía (no solo la luz) tienen características tanto de corpúsculo como de onda. ¿Por qué no? Consideró la famosa fórmula de Einstein, $E = mc^2$, que vincula la masa con la energía, y la combinó con la relación de energía con frecuencia de ondas. Así dio con su conclusión: cualquier objeto en movimiento posee una onda asociada. La afirmación de que los electrones se podían comportar como ondas (Ilustración 2) fue verificada experimentalmente en 1927 cuando los físicos George Thompson.



Ilustración 2: Representación artística de un patrón de interferencia de un haz de electrones cuando se hace pasar por una doble rendija. (Imagen propia, Sora AI)

británico, y Clinton Davisson, estadounidense, demostraron que un estrecho haz de electrones dirigido a través de un fino cristal de níquel formaba un patrón de difracción al pasar por la retícula cristalina.

La nueva realidad

La idea del comportamiento dual de la materia fue una completa revolución. A partir de ese momento se comenzó a estudiar el mundo atómico desde otra perspectiva. Surgieron conceptos nuevos, como los números cuánticos, para explicar el comportamiento de absorción y emisión de energía de los átomos, o el principio de exclusión de Wolfgang Pauli, austriaco, que menciona que dos electrones no pueden compartir los cuatro números cuánticos (energía, espín, momento angular y magnetismo). En la década de 1920 comenzaron a surgir diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica. La interpretación de Copenhague, formulada por el físico danés Niels Bohr, establecía que la observación determina el estado cuántico de una partícula. Otra interpretación fue la mecánica matricial, por el físico alemán Werner Heisenberg en 1925, quien intentó desarrollar un sistema de mecánica cuántica que se basará solamente en lo que se podía observar. ¿Qué se puede observar de partículas subatómicas? Pues bien, es posible observar la luz absorbida y emitida por los átomos al saltar un electrón de una órbita a otra. Los datos se colocaban en tablas denominadas matrices, y utilizando estas entidades matemáticas surgió la situación de que el orden para hacer los cálculos es importante. Calcular el momento y después la posición de una partícula da un resultado diferente si se calcula primero la posición y luego el momento. Es así que Heisenberg fue conducido a proponer su famoso principio de incertidumbre: en mecánica cuántica, la velocidad (momento) de un objeto y su posición no pueden medirse con exactitud al mismo tiempo.

En 1926, el físico austriaco Erwin Schrödinger ideó una ecuación para establecer cómo se forman y evolucionan las ondas de

probabilidad, o funciones de onda (descripciones matemáticas de un sistema cuántico). Poco después, en 1928, el físico británico Paul Dirac relacionó la ecuación de Schrödinger con la relatividad especial de Einstein. Consideraba que los electrones surgían de un campo electrónico de la misma manera en que los fotones surgían del campo electromagnético (luz). La combinación de la teoría matricial de Heisenberg y las ecuaciones de Schrödinger y Dirac sentaron las bases de los fundamentos de la mecánica cuántica.

La joya de la física

Los fundamentos de la mecánica cuántica recaen sobre el principio de incertidumbre y la interpretación de Copenhague. Otra propiedad peculiar es el entrelazamiento cuántico: si dos electrones son expulsados de un sistema cuántico, las leyes de conservación del momento provocarán que el momento de una partícula sea igual y opuesto al de la otra. Las dos partículas tendrán un estado indefinido, y la medición del momento de una determinará el estado y el momento de la otra, independientemente de la distancia entre ellas (Ilustración 3).

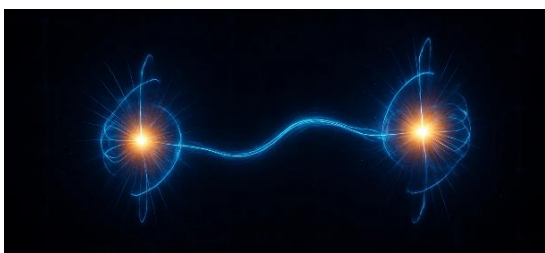


Ilustración 3: Representación artística del entrelazamiento cuántico. (Imagen propia, Sora AI)

Las consecuencias de la mecánica cuántica en base a estos nuevos conocimientos fueron importantes. Una de ellas fue la teoría cuántica de campos, la joya de la física. La idea de unos campos que transportan fuerzas físicas a través de la distancia ya estaba siendo considerada a inicios del siglo XX. En la década de 1920, la teoría de los campos cuánticos propuso un enfoque según el cual las fuerzas eran

transportadas mediante partículas, como los fotones (portadoras del electromagnetismo). Justamente la electrodinámica cuántica (EDC), la teoría cuántica de campos de la fuerza electromagnética (propuesta por Richard Feynman y Julian Schwinger, e independientemente por Shin'ichirō Tomonaga) es de las teorías más precisas que se hayan formulado.

Mecánica cuántica: presente y futuro

La mecánica cuántica ha dado lugar a una gran cantidad de avances tecnológicos fundamentales en nuestra vida, aunque a simple vista no los podamos apreciar en el mundo cotidiano con el sentido común. Los ordenadores, semiconductores, redes de comunicación, Internet, el GPS, escáneres de resonancia magnética nuclear, son algunos ejemplos. Otras aplicaciones que son mucho más especializadas son los superconductores, superfluidos, imágenes cuánticas, puntos cuánticos, seguridad cuántica, y una de las mayores promesas para el futuro cercano: la computación cuántica.

La revolución cuántica comenzó hace 100 años, y aún no termina. Todavía quedan preguntas que responder, cuestiones que resolver: la naturaleza de la materia oscura, la cuantización de la gravedad, la incompreensión de lo que sucede en el colapso de las funciones de onda. Inclusive la imaginación da sugerencias tentadoras, tales como viajes en el tiempo, existencia de universos paralelos, entre otros. En fin, la teoría cuántica seguirá dando frutos. Este año es una oportunidad para celebrar y dar a conocer al público en general sobre el papel que la física cuántica ha desempeñado en sus vidas, e inspirar a las futuras generaciones, sean quienes sean y dondequiera que se encuentren en el mundo, a contribuir a otro siglo cuántico. Quién sabe, a lo mejor en el 200 aniversario de la revolución, la ciencia cuántica estará llevando a la humanidad a los últimos rincones del espacio-tiempo y del conocimiento humano.

Palabras clave: mecánica cuántica; revolución cuántica; principio de incertidumbre; función de onda; historia de la ciencia.

¹**Gerardo Gutiérrez-Ramírez:** Licenciado en Química por la Universidad Autónoma del Estado de México. Maestrante del programa de Maestría en Ciencia de Materiales, de la misma universidad.

Contacto: [ggutierrezr006@alumno.uaemex.mx](mailto:gutierrezr006@alumno.uaemex.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6283-8844>

Referencias bibliográficas

Chang, R., & Goldsby, K. A. (2017). Teoría cuántica y la estructura electrónica de los átomos. En *QUÍMICA* (12a Edición, p. 274). MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Farndon, J., Harris, T., Lamb, H., O'Callaghan, J., Patel, M., Snedden, R., & Sparrow, G. (2019). El Mundo Cuántico. En B. Still (Ed.), *El Libro de la Física* (p. 204). Dorling Kindersley Limited, DK.

Quantum mechanics 100 years on: an unfinished revolution. (2025). *Nature*, 637(8045), 251-252.
<https://doi.org/10.1038/d41586-025-00014-5>