



Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica

International Year of Quantum Science and Technology

Carlos Rodríguez Castellanos ^{1*} <https://orcid.org/0000-000-5053-9029>

¹ Facultad de Física, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

* Autor para la correspondencia: crc@fisica.uh.cu

El pasado 7 de junio la Asamblea General de la ONU proclamó el 2025 como el Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica (IYQ, según sus siglas en inglés) (figura 1). ^(1,2) La propuesta, inicialmente formulada por México, respaldada por la UNESCO, presentada por Ghana y copatrocinada por más de 70 países, contó también con el apoyo de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, la Unión Internacional de Cristalografía, la Unión Internacional de Historia y Filosofía de la Ciencia y la Tecnología y de decenas de sociedades científicas de todo el mundo, incluida la Sociedad Cubana de Física. Según la proclamación, esta iniciativa mundial, de un año de duración, «se observará a través de iniciativas en todos los niveles destinadas a aumentar la conciencia pública sobre la importancia de la ciencia cuántica y sus aplicaciones». ⁽¹⁾

Este año se celebra el centenario de la creación de la Mecánica Cuántica. A partir de 1925 los trabajos de Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, y Paul Dirac permitieron una explicación teórica unificada de todos los resultados experimentales acumulados durante 3 décadas de investigaciones sobre los átomos, los electrones y los fotones, integraron los modelos teóricos anteriores y sentaron las bases para las teorías, los descubrimientos y las aplicaciones que vinieron después. ^(3,4,5) Más que la obra de estos 3 hombres, que recibieron el Premio Nobel de Física en 1932 (WH) y 1933 (ES y PD), fue la síntesis genial del trabajo de decenas de científicos de varios países de Europa durante casi 30 años, el cual continuaría a ritmo impetuoso en los años subsiguientes (figura 2).



Fig. 1. Logo del Año Internacional de la Ciencia y Tecnología Cuántica. Fuente: Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica. (2)

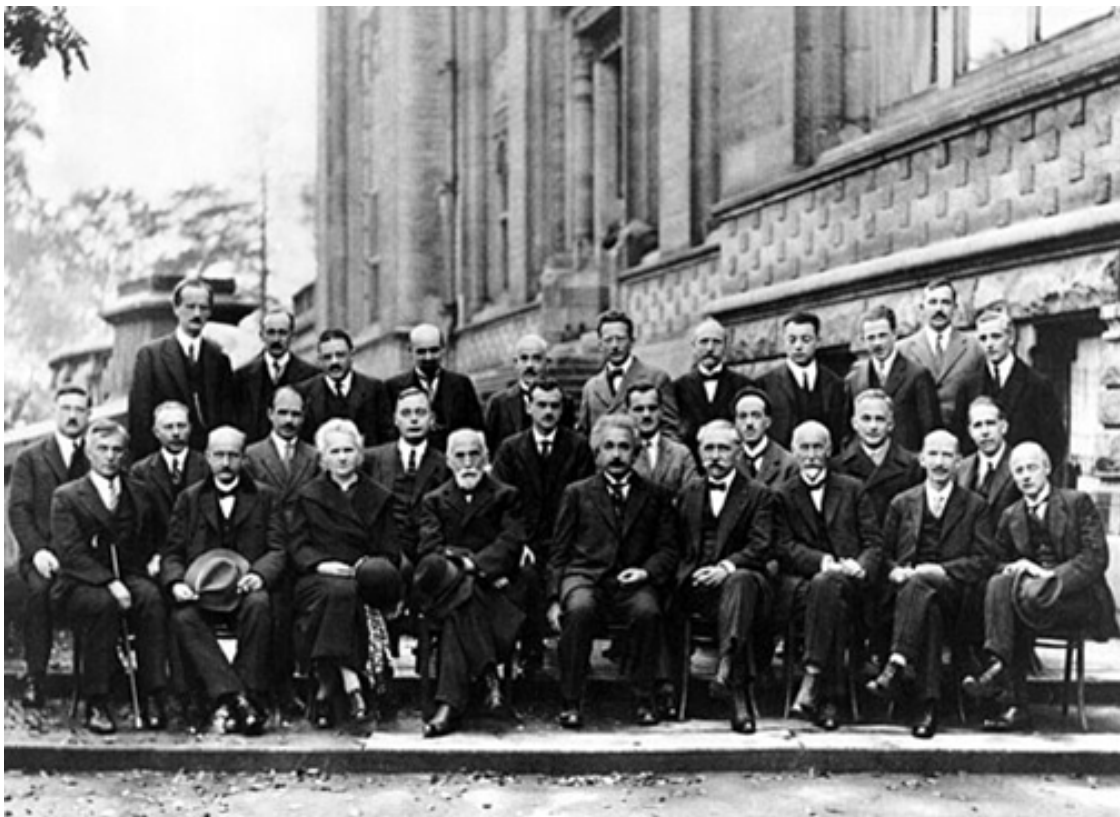


Fig. 2. Participantes en el V Congreso Solvay: "Electrones y Fotones". Bruselas 1927)

El legado cuántico

La Mecánica Cuántica es una de las obras cumbres del intelecto humano. Su creación fue una verdadera proeza, algo así como armar un enorme rompecabezas incompleto, donde después de encajar todas las piezas disponibles, se nos revela un paisaje nunca antes visto, lleno de sorpresas, y al que las nuevas piezas que van apareciendo se ajustan perfectamente. Disciplina necesariamente abstracta, en ella resultan de poca ayuda el sentido común y la intuición que desarrollaron los seres humanos durante milenios de evolución en contacto con el mundo macroscópico. Sólo la rigurosa subordinación a los resultados de las mediciones y a las matemáticas que los describen permitió a la razón humana penetrar el micromundo, inaccesible a nuestros sentidos.

La Mecánica Cuántica rompió definitivamente con las concepciones clásicas, que establecían una diferencia esencial, excluyente, entre la sustancia y los campos. La disruptiva idea de la dualidad onda-partícula propuesta por Louis de Broglie fue colocada sobre sólidas bases matemáticas, que posibilitaron el cálculo de los observables, la comparación con los resultados experimentales y la predicción de nuevos fenómenos. Así fue posible explicar o predecir comportamientos

antes impensables, como la cuantificación de la energía, la interferencia y difracción de partículas, el efecto túnel, la indistinguibilidad de las partículas idénticas, la existencia del espín y de las antipartículas, las relaciones de indeterminación, la interacción con el vacío, la superposición y el entrelazamiento de estados cuánticos, etc. El propio significado de medir algo cambió radicalmente, porque ya no fue posible separar objeto, instrumento y sujeto durante el proceso de medición. Resultó que el conocimiento completo del estado de un sistema no siempre permite conocer el de sus partes, ni predecir con todo detalle su futuro. Las probabilidades entraron a formar parte de nuestra descripción del mundo, no como resultado de la falta de información, sino como un elemento intrínseco. En fin, una visión radicalmente diferente de la realidad.

La Mecánica Cuántica tuvo su desarrollo ulterior en la Teoría Cuántica del Campo que, en su versión actual, el modelo estándar, unifica todas las leyes de movimiento e interacción conocidas, excepto la gravitación. La elaboración de una teoría cuántica de la gravitación y su unificación con el modelo estándar permanece como un gran reto, tanto experimental como teórico.

De esta manera las teorías cuánticas han permitido comprender los estados de la materia en todas las escalas, desde

las partículas elementales hasta el universo en su conjunto, pasando por los núcleos atómicos, los átomos, las moléculas y los objetos macroscópicos. Han servido de fundamento a muchas otras disciplinas científicas dentro de la propia Física, la Química y la Biología. Han guiado el descubrimiento de cientos de partículas subatómicas y decenas de elementos químicos previamente desconocidos, la síntesis de miles de moléculas, la obtención de sorprendentes estados de la materia y la fabricación de nuevos objetos microscópicos, que no existen en la naturaleza.

Sobre esas bases se desarrolló la primera generación de tecnologías cuánticas, que dominaron el progreso tecnológico en los últimos 70 años y constituyeron el núcleo de la Tercera Revolución Industrial: los nuevos materiales, la electrónica de semiconductores, la radiofísica cuántica, la microelectrónica y la optoelectrónica, las tecnologías nucleares y la ingeniería genética, que a su vez sirven de cimiento a las tecnologías de la informática y las comunicaciones, la automatización, la energía solar, la energía nuclear, la biotecnología, así como gran parte de las tecnologías médicas contemporáneas (RMN, cirugía láser, radioterapias, etc.). A todo este avance se le ha dado en llamar la Primera Revolución Cuántica. Un estudio publicado a comienzos de este siglo estimaba que las tecnologías cuánticas aportaban el 30 % del PIB de los EUA. ⁽⁶⁾ Hoy probablemente sea mucho más.

Cien años de cuántica es sólo el comienzo

A pesar de este formidable legado, el Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica no se celebra sólo para recordar "glorias pasadas" y rendir homenaje a los que han contribuido a alcanzarlas. Hay razones para pensar que lo mejor está por llegar, que se avecina una Segunda Revolución Cuántica, situada ahora en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial: "De cara al futuro, la ciencia y la tecnología cuántica serán un campo científico clave y transversal del siglo XXI, con un tremendo impacto en los desafíos sociales críticos destacados por los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU para 2030, incluyendo el clima, la energía, la seguridad alimentaria y el agua limpia". ⁽¹⁾

Entre muchas direcciones de desarrollo prometedoras, hay 2 que, por su impacto tecnológico previsible, merecen un destaque especial.

Por una parte, continúa creciendo la capacidad de fabricar objetos cada vez más pequeños, que no existen en la naturaleza, y controlar sus propiedades, gobernadas por la ciencia cuántica, sintetizar moléculas cada vez más grandes y complejas, controlar la obtención de materiales átomo por átomo, modificar su estructura y fabricar dispositivos con dimensiones nanométricas, así como realizar mediciones siem-

pre más precisas, hasta llegar al límite de lo que permiten las leyes de la naturaleza. Se hace posible el estudio y manipulación del material biológico en la escala básica de la vida. Este es el camino de las nanociencias y las nanotecnologías de las que tanto se ha hablado.

Por otra parte, y esto parece ser lo más disruptivo, durante las últimas décadas del siglo pasado se avanzó considerablemente en la superposición y el entrelazamiento de estados cuánticos. En el pasado, estas propiedades fueron objeto de cuestionamiento, inspiraron paradojas largamente debatidas, como el gato de Schrödinger o la paradoja de Einstein, Podolsky y Rosen, que dieron origen a las teorías cuánticas alternativas de variables escondidas y aún hoy son objeto de discusión. ^(7,8) El teorema de Bell (1962) y los experimentos de Aspect (1982) abrieron el camino hacia la codificación de la información en qubits, la encriptación cuántica y la teleportación de mensajes, que están dando origen a nuevas tecnologías de la informática y las comunicaciones. ⁽⁹⁾

La ciencia y la tecnología cuántica de la información y las comunicaciones es hoy un campo interdisciplinario donde confluyen la matemática, la ciencia de la computación, la física y varias ramas de la ingeniería. El término usualmente abarca la computación cuántica (tanto *hardware* como *software*), las comunicaciones cuánticas y los sensores cuánticos (figura 3).

Ciencia y tecnología cuántica en Cuba

En Cuba, la ciencia y la tecnología cuántica tienen sus más remotos antecedentes en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, cuando se anunciaron los primeros intentos para introducir en el país las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear. ⁽¹⁰⁾ Después de muchos esfuerzos de profesores cubanos y de algunos cursos impartidos por invitados extranjeros, los programas regulares de Mecánica Cuántica y Química Cuántica quedaron establecidos en las universidades de La Habana y Oriente en la segunda mitad de los años 60. ^(11,12,13) Al mismo tiempo, la enseñanza de los fundamentos de la Física y la Química Cuánticas se extendió a los cursos para ingenieros, biólogos y otros profesionales, aunque hasta el día de hoy tienen insuficiente presencia en la enseñanza de la Física en las universidades cubanas, que es todavía bastante "clásica". Lo mismo ocurre, en mayor medida, con la enseñanza media.

También en los años 60 del siglo pasado comenzaron las primeras actividades de investigación vinculadas con las aplicaciones de la Mecánica Cuántica a cálculos de la estructura y propiedades de la materia en diferentes escalas. ^(14,15,16) En las décadas subsiguientes, con el desarrollo de las investigaciones en física del estado sólido, física nuclear, teoría de

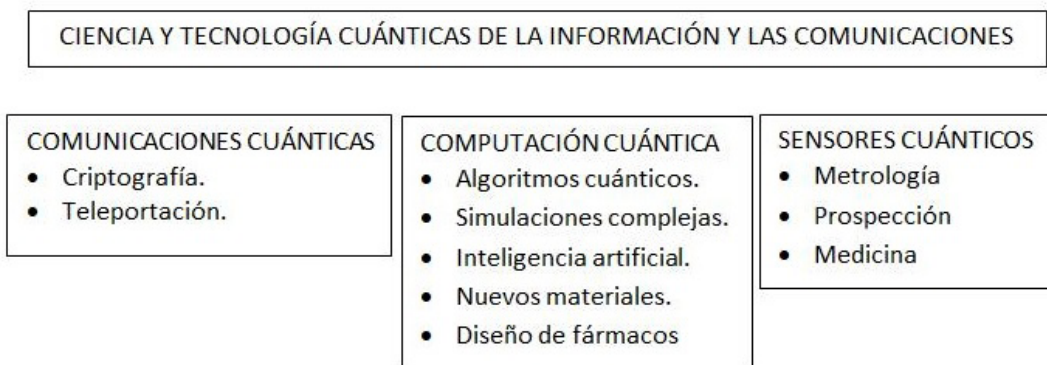


Fig. 3. La ciencia y tecnología cuánticas de la información y las comunicaciones

campos, química, radiofísica, espectroscopia, ciencia de los materiales y otras disciplinas afines, creció considerablemente el número de especialistas y de artículos científicos relacionados de una u otra forma con la ciencia y la tecnología cuántica. No se trató solamente de trabajos teóricos: se fabricaron también dispositivos semiconductores y superconductores, láseres y equipos de resonancia magnética nuclear para diversas aplicaciones. Estas investigaciones tienen hoy continuidad en nuevas áreas como las nanociencias, las neurociencias, la bioinformática y la biología molecular. Sin embargo, poco o nada se hizo en relación al estudio de los fundamentos de la mecánica cuántica o a las investigaciones teóricas y experimentales que dieron origen a la ciencia y la tecnología cuántica de la información. En consecuencia, estas nos llegan con retraso. Sólo entre los matemáticos comenzaron hace algunos años las investigaciones y la formación de recursos humanos en criptografía postcuántica (encriptación resistente al ataque de algoritmos cuánticos).^(17,18)

“La declaración de la ONU es una señal para que cualquier individuo, grupo, escuela, institución o gobierno utilice el 2025 como una oportunidad para aumentar la conciencia sobre la ciencia y la tecnología cuántica”.⁽¹⁾ El Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica, será entonces un buen momento para que la comunidad y las instituciones científicas cubanas evalúen la situación nacional, identifiquen oportunidades y emprendan acciones destinadas a la mayor difusión del progreso científico y tecnológico, la formación de recursos humanos, la ampliación de la colaboración internacional y el fortalecimiento de las conexiones de la ciencia y la tecnología cubanas con la Segunda revolución cuántica.

“El paso más importante para encontrar nuevas ideas y nuevas soluciones será inspirar a los jóvenes

de todo el mundo, a ser la próxima generación de pioneros cuánticos que vean más allá de las superficies y pantallas que los rodean y usen la ciencia cuántica para marcar una diferencia positiva en la vida de los demás. Este Año Internacional es una oportunidad para que los jóvenes —y las personas curiosas de cualquier edad— aprendan más sobre todas las formas en que la ciencia cuántica sustenta el mundo físico que nos rodea, impulsa la innovación tecnológica, afecta las políticas gubernamentales, impacta la economía global e influye en el arte y la cultura”.⁽¹⁾

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. International Year of Quantum Science and Technology, 2025: resolution/adopted by the General Assembly. 2024 [citado 5 ene 2025]. Disponible en: <https://digitallibrary.un.org/record/4052700?ln=en&v=pdf>
2. Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica [Internet]. UNESCO; 2025 [citado 5 ene 2025]. Disponible en: <https://quantum2025.org/es/>
3. Heisenberg W. Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen. Zeitschrift für Physik. 1925;33:879-933
4. Schrödinger E. Quantisierung als Eigenwertproblem. Annalen der Physik. 1926;79:361-73:489-527.
5. Dirac PAM. The Quantum Theory of the Electron. Proceedings of the Royal Society of London. 1926;A(117):610-24
6. Tegmark M, Wheeler JA. 100 Years of Quantum Mysteries. Scientific American. 2001;284(2):68-75.
7. Schrödinger E. The present situation of Quantum Mechanics. Proceedings of the American Philosophical Society. 1980;124(4): 323-38.
8. Einstein A, Podolsky B, Rosen N. Can Quantum-Mechanical Description of Reality be Considered Complete? Physical Review. 1935;47(10):777-80.

9. Ezratty P. Understanding Quantum Technologies. Le Lab Quantique November 6th, 2024 [citado 5 ene 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.15352>
10. Altshuler J, Baracca A. The teaching of Physics in Cuba from Colonial Times to 1959. The History of Physics in Cuba. En: Baracca A, Renn J and Wendt H. Boston Studies in the Philosophy and History of Science. vol. 304: Springer; 2014;71-123.
11. Baracca A. The Rise and Development of Physics in Cuba. An Interview with Hugo Pérez Rojas. The History of Physics in Cuba. En: Baracca A, Renn J and Wendt H. Boston Studies in the Philosophy and History of Science.: Springer; 2014;(304)301-6.
12. Baracca A, Fajer V, Rodríguez-Castellanos CA Comprehensive Study of the Development of Physics in Cuba from 1959. The History of Physics in Cuba. En: Baracca A, Renn J and Wendt H. Boston Studies in the Philosophy and History of Science. Springer. 2014;304:133-251.
13. Méndez-Pérez L M, Cabal- Mirabal C. A. Physics at the University of Oriente. The History of Physics in Cuba En: Baracca A, Renn J and Wendt H. Boston Studies in the Philosophy and History of Science. Springer; 2014;304:265-80.
14. Lodos Fernández J, Pérez C. Aplicación del método de los orbitales moleculares de Hückel (HMO) al furano. Revista ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar. 1968;1:21-9.
15. de Dios Leyva M. El método de factorización en la Mecánica Cuántica [Tesis de Maestría]. Universidad de La Habana; 1972. 50 p.
16. de Dios Leyva M. El Método de Factorización y Ecuaciones del Tipo C. Revista Ciencias.1973;2(20).
17. Domínguez-Fiallo E, Acosta Fonseca FE, Piñeiro Acosta LR. Generación de matrices circulantes invertibles y su aplicación al criptosistema McEliece. Revista de Ciencias Matemáticas. 2019;33(1):8-12.
18. Domínguez-Fiallo E, Acosta Fonseca FE, Piñeiro Acosta LR. Evaluación de los criptosistemas McEliece y Niederreiter como candidatos post-cuánticos. Revista de Ciencias Matemáticas. 2019;33(1):82-6.

Conflictos de intereses

No existen conflictos de intereses. Las ideas expresadas son sólo responsabilidad del autor, no de la institución de afiliación.

Cómo citar este artículo

Rodríguez Castellanos C. Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica. An Acad Cienc Cuba [Internet] 2025 [citado en día, mes y año];15(1):e2811. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/2811>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2025.

