

Alfabetización Cuántica y currículo nacional chileno: determinando brechas formativas en la educación científica del siglo XXI

Marcelo Soliz Carreño, Carlos Paiva Sánchez, Rodolfo Ortiz Valenzuela, Nelson Adriazola Jerez

Resumen

El presente trabajo analiza el currículo nacional chileno de enseñanza de las ciencias desde 5° básico a 4° medio, con el propósito de identificar cómo los objetivos de aprendizaje contribuyen al desarrollo de la alfabetización cuántica en la educación secundaria. Mediante un enfoque cualitativo, descriptivo y analítico, se examinaron las Bases Curriculares y las Guías Digitales del Docente (2015–2024), complementadas con informes nacionales e internacionales sobre tecnologías cuánticas. A partir de estos documentos se elaboraron dos instrumentos: una tabla de análisis curricular, que relaciona los contenidos escolares con los componentes de la alfabetización cuántica, y un Diccionario Cuántico, que sistematiza conceptos fundamentales de la física cuántica y sus aplicaciones tecnológicas. Los resultados evidencian que, si bien el currículo chileno aborda progresivamente nociones de física moderna —átomos, energía, luz, ondas y partículas—, la presencia explícita de principios cuánticos es mínima y se limita a niveles superiores. Se concluye que el sistema educativo nacional dispone de bases científicas iniciales pero insuficientes para fomentar una alfabetización cuántica sólida. Se propone fortalecer la formación docente, incorporar estrategias didácticas innovadoras y promover la articulación entre el sistema escolar y el ecosistema cuántico nacional.

Palabras clave: Alfabetización cuántica, currículo de ciencias, enseñanza de la Física, tecnologías cuánticas, formación docente.

Abstract

This study analyzes the Chilean national science curriculum from 5th grade to 12th grade, aiming to identify how the learning objectives contribute to the development of *quantum literacy* in secondary education. Using a qualitative, descriptive, and analytical approach, the *National Curriculum Framework* and *Teacher's Digital Guides* (2015–2024) were examined, complemented by national and international reports on quantum technologies. Based on these documents, two instruments were developed: a *curricular analysis table*, which relates school content to the components of quantum literacy, and a *Quantum Dictionary*, which systematizes fundamental concepts of quantum physics and its technological applications. The results show that although the Chilean curriculum progressively addresses notions of modern physics—atoms, energy, light, waves, and particles—the explicit presence of quantum principles is minimal and limited to upper secondary levels. It is concluded that the national education system provides initial scientific foundations but remains insufficient to promote robust quantum literacy. The study proposes strengthening teacher education, incorporating innovative didactic strategies, and fostering collaboration between the school system and the national quantum ecosystem.

Keywords: Quantum literacy, science curriculum, Physics education, quantum technologies, teacher education.

1. Introducción

La UNESCO proclamó el año 2025 como el año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas al reconocer que esta transformación tecnológica global es comparable a la revolución digital, pero basada en los principios cuánticos.

En el ámbito nacional, La Comisión Asesora en Tecnologías Cuánticas del Ministerio de Ciencia (Albarrán et al., 2024) recomendó explícitamente fortalecer la educación ciudadana y promover la formación en estas áreas, desde los niveles escolares. Ello plantea no solo una necesidad técnica, sino también un desafío político: garantizar que la apropiación del conocimiento cuántico sea inclusiva y democrática, y no quede restringida a élites académicas o empresariales.

Alfabetización cuántica

La mecánica cuántica presenta una complejidad conceptual que desafía la experiencia cotidiana y las intuiciones comunes, resultan profundamente contraintuitivos. Aunque es una teoría científicamente exitosa, su enseñanza implica reconocer y trabajar con las concepciones alternativas que surgen en los estudiantes, transformándolas en oportunidades pedagógicas que favorezcan una comprensión coherente sin simplificaciones distorsionadas (Ubben et al., 2023).

En este contexto, se introduce el concepto de alfabetización cuántica como un marco para abordar la enseñanza y comprensión social de los fenómenos cuánticos (Nita et al., 2023). Desde una mirada sociopolítica, esta noción se vincula con las alfabetizaciones científicas críticas y ambientales, al promover la participación ciudadana frente a los impactos éticos, sociales y económicos de las tecnologías emergentes (Guerrero y Sjöström, 2024). De manera análoga a la alfabetización digital, su propósito no es formar especialistas, sino establecer una base común de conocimiento que permita comprender e intervenir en los debates sobre el uso de tecnologías cuánticas.

2. Metodología

El presente estudio se desarrollará bajo un enfoque cualitativo de carácter descriptivo y analítico, orientado a examinar la presencia, profundidad y coherencia de los contenidos vinculados a la mecánica cuántica en el currículo nacional chileno de enseñanza de las ciencias naturales, química y física, desde 5° año de educación básica hasta 4° año de educación media, considerando tanto la formación general como la formación diferenciada científico-humanista.

El propósito central es identificar las aproximaciones curriculares hacia los conceptos fundamentales de la mecánica cuántica —tales como dualidad onda-partícula, superposición,

incertidumbre, cuantización y no-localidad—, para evaluar en qué medida el currículo contribuye al desarrollo de la alfabetización cuántica en el contexto escolar chileno.

El corpus principal de análisis estará conformado por las Bases Curriculares del Ministerio de Educación de Chile (MINEDUC) y de las guías digitales del docente correspondientes al período 2015–2024, los cuales orientan la enseñanza de las ciencias desde 5° básico hasta 4° medio. A partir de estos documentos se elaborará una tabla de análisis curricular que incluirá el curso, objetivos de aprendizaje, contenidos asociados y su posible relación con los componentes de la alfabetización cuántica.

Asimismo, se incorporarán dos fuentes complementarias de carácter estratégico y prospectivo: el Informe de la Comisión Asesora en Tecnologías Cuánticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile (Albarrán et al., 2024) y el informe “De bits a cúbits: Radiografía de la innovación cuántica”, elaborado por la Unidad de Vigilancia Estratégica de la Fundación General CSIC (OI2022-FGCSIC, 2025). A partir de estos dos documentos se construirá un “Diccionario Cuántico”, que sistematizará los conceptos, principios y aplicaciones claves de las tecnologías cuánticas, sirviendo como referente analítico para establecer correspondencias entre los contenidos del currículo nacional y las competencias científicas y tecnológicas que promueve la alfabetización cuántica.

3. Resultados y conclusiones

A partir de esta revisión de los documentos señalados, se elaboraron dos productos principales: una tabla de “Análisis Curricular” y “Diccionario Cuántico”. Ambos instrumentos permiten visualizar cómo el currículo chileno incorpora, de manera explícita o implícito, nociones vinculadas a la física cuántica y su tecnología.

El análisis curricular realizado desde 5° básico a 4° medio evidencia que el currículo nacional chileno aborda progresivamente conceptos fundamentales para la comprensión de la Física Moderna, tales como estructura atómica, dualidad onda-partícula, naturaleza de la luz, energía y partículas subatómicas. Sin embargo, estos contenidos se presentan en un marco clásico, sin profundizar explícitamente en los principios y propiedades distintivas de la mecánica cuántica ni en las competencias asociadas a la alfabetización cuántica.

La presencia de conceptos vinculados a lo cuántico aumenta solo en 3° y 4° medio científico-humanista, donde aparece finalmente una referencia explícita a la mecánica cuántica y la relatividad, aunque sin desarrollo conceptual profundo, ni aplicaciones tecnológicas emergentes. En la línea de formación general la presencia de estos contenidos es aun más limitada.

No obstante, el currículo establece bases científicas necesarias para comprender fenómenos cuánticos como los conceptos de partículas, energía, ondas, modelos atómicos y estructura de la materia, promoviendo una mirada crítica y ética sobre la tecnología en educación media hacia aspectos alineados con los principios de una alfabetización científica crítica. La progresión conceptual presente en el currículo permite transitar desde explicaciones fenomenológicas hacia modelos más abstractos.

Por su parte, el alfabeto cuántico propuesto a partir de referentes Nacionales e Internacionales, permiten identificar los conceptos fundamentales, tecnológicos y epistemológicos asociados al desarrollo cuántico contemporáneo. Este insumo es crucial para evaluar la alineación curricular y visualizar los vacíos formativos que limitan la incorporación de la alfabetización cuántica en la enseñanza escolar chilena.

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de actualizar y ampliar los contenidos curriculares de física moderna hacia la segunda revolución cuántica junto con sus aplicaciones tecnológicas, incorporando estrategias didácticas, modelos visuales y enfoques experimentales accesibles a estudiantes no expertos. También, se vuelve indispensable promover la formación docente especializada en mecánica cuántica y tecnologías cuánticas emergentes. Para poder lograr estos objetivos, es indispensable la asociación estratégica entre el sistema escolar y el ecosistema cuántico nacional, fomentando y promoviendo la cooperación entre instituciones educativas, universidades, centros tecnológicos y organismos públicos para fortalecer la enseñanza y divulgación de las ciencias cuánticas.

El currículo chileno posee bases científicas necesarias pero insuficientes para garantizar el desarrollo de una alfabetización cuántica robusta. La transición hacia un modelo educativo alineado con la era cuántica requiere avanzar desde la mención temática hacia una inserción conceptual, tecnológica y crítica, fortaleciendo la formación de estudiantes capaces de comprender y participar activamente en el ecosistema científico-tecnológico del siglo XXI.

Referencias

- Albarrán, F., Assmann, P., Delgado, A., Goyeneche, D., Hermann Avigliano, C., Torres, S., Torres, C., & Walborn, S. (2024). *Recomendaciones y desafíos para el fortalecimiento del ecosistema cuántico en Chile (No. 1)*. Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación. <https://minciencia.gob.cl/areas/comision-asesora-tecnologias-cuanticas/>
- Fundación General CSIC. (2025). *De bits a cúbits: radiografía de la innovación cuántica*, Unidad de Vigilancia Estratégica, Red de Entidades de Enlace de la Comunidad de Madrid. Fundación General CSIC. <https://fgsic.es/recursos/de-bits-a-cubits-radiografia-de-la-innovacion-cuantica/>
- Guerrero, G. R., & Sjöström, J. (2024). Critical scientific and environmental literacies: a systematic and critical review. *Studies in Science Education*, 60(2), 155-188. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2344988>
- Nita, L., Mazzoli Smith, L., Chancellor, N., & Cramman, H. (2023). The challenge and opportunities of quantum literacy for future education and transdisciplinary problem solving. *Research in Science & Technological Education*, 41(2), 564-580. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1920905>
- Ubben, M. S., Zell, E., & Janvier, J. (2023). Quantum science in a nutshell: Fostering students' functional understanding of models. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1192708>