



Tecnología cuántica y las estrategias de mercadeo laboral

Quantum Technology and Labor Marketing Strategies



Antonio Monsalve

Universidad del Zulia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3116-4901>

apertura38@gmail.com

Falcón-Venezuela

Resumen

La integración de principios de mecánica cuántica en el análisis de datos, está revolucionando el manejo de grandes volúmenes de información, logrando velocidades y precisiones sin precedentes. Algoritmos cuánticos, como el de Grover, permiten procesar datos complejos con mayor rapidez que los métodos clásicos, ofreciendo ventajas competitivas en eficiencia computacional (Nielsen & Chuang, 2010). Esta tecnología facilita la personalización de productos y servicios, mejorando la satisfacción del cliente en mercados que demandan adaptabilidad y respuestas en tiempo real (Kjaergaard *et al.*, 2020). En el ámbito de la seguridad, la criptografía cuántica surge como una solución innovadora, empleando la distribución de claves cuánticas (QKD, por sus siglas en inglés) para proteger datos sensibles frente a amenazas cibernéticas crecientes (Gisin *et al.*, 2002). Asimismo, la computación cuántica está transformando la gestión del talento humano, ya que su capacidad para analizar patrones complejos optimiza la toma de decisiones en contextos económicos y sociales (Arute *et al.*, 2019). En conjunto, estas aplicaciones no solo fortalecen la confianza entre organizaciones y clientes, sino que también posicionan a las empresas de manera estratégica en la economía global. La adopción temprana de estas tecnologías podría definir el liderazgo en sectores donde la velocidad, la seguridad y la precisión son críticas.

Abstract

The integration of quantum mechanics principles into data analysis is revolutionizing the management of large-scale information, achieving unprecedented speeds and precision. Quantum algorithms, such as Grover's algorithm, enable faster processing of complex data compared to classical methods, offering competitive advantages in computational efficiency (Nielsen & Chuang, 2010). This technology facilitates the personalization of products and services, enhancing customer satisfaction in markets that demand adaptability and real-time responsiveness (Kjaergaard *et al.*, 2020). In the field of security, quantum cryptography emerges as an innovative solution, leveraging quantum key distribution (QKD) to protect sensitive data against growing cyber threats (Gisin *et al.*, 2002). Likewise, quantum computing is transforming human talent management, as its ability to analyze complex patterns optimizes decision-making in economic and social contexts (Arute *et al.*, 2019). Collectively, these applications not only strengthen trust between organizations and clients but also position companies strategically in the global economy. Early adoption of these technologies may define leadership in sectors where speed, security, and precision are critical.

Palabras clave:

Ciencia y tecnología cuánticas; estrategias de mercadeo; criptografía cuántica; análisis de datos complejos; relaciones laborales; gestión del talento

Keywords:

Quantum science and technology; marketing strategies; quantum cryptography; complex data analysis; labor relations; talent management



Introducción

La revolución cuántica en el ámbito empresarial y social

Las tecnologías cuánticas, aunque están en una etapa de desarrollo temprana, representan un salto paradigmático que prometen transformar los campos de la criptografía, la medicina, salud y la inteligencia artificial a través del estudio del comportamiento de las partículas subatómicas. Su origen se remonta al siglo XX, con científicos como Max Planck, Albert Einstein y Niels Bohr, quienes sentaron las bases de la teoría cuántica. Sin embargo, no fue hasta las últimas décadas que se exploró su aplicación práctica, especialmente en computación. A diferencia de la computación clásica, que utiliza bits (0 o 1), la computación cuántica emplea *qubits*, que pueden existir separados y en superposición (es decir ser 0, 1 o cualquier valor intermedio al mismo tiempo), el entrecruzamiento de las partículas subatómicas tales como los electrones, protones, neutrones, gluones, leptones y fotones, cada una con sus características especiales, le permiten a las computadoras cuánticas realizar cálculos masivos complejos de forma paralela y exponencial, resolviendo problemas en fracciones del tiempo, gracias al entrelazamiento y la interferencia cuántica entre las partículas mencionadas, mientras que un ordenador tradicional, hace cada cálculo de forma separada siguiendo la lógica binaria y escalan de forma lineal.

Estas tecnologías emergentes, poseen aplicaciones potenciales que aún están en etapas de exploración, se enfrentan a desafíos técnicos, operacionales y prácticos que limitan su expansión y uso a nivel industrial, uno de esos desafíos técnicos es de la coherencia (tiempo sin errores por cuanto los *qubits* pueden dar respuestas erradas de forma exponencial a mayor cantidad de *qubits*), así como la necesidad de temperaturas cercanas al cero absoluto y de condiciones ambientales muy exigentes para su óptimo funcionamiento. Se evidencia un avance reciente en el 2024, cuando la empresa Google creó una computadora cuántica basada en su chip llamado Willow, que demostró gran rapidez para resolver cálculos muy complejos (respuesta de

cálculos complejos en cinco minutos versus un tiempo de 10 Exp 24 años en las computadoras tradicionales).

Recientemente, la empresa Microsoft a través de su CEO Satya Nadella, anunció la creación de un chip denominado 1-Majorana basado en la teoría del Cero de Majorana del físico italiano de nombre Ettore Majorana, basada en partículas que contienen al mismo tiempo la materia y la antimateria. De igual forma el CEO de Microsoft, anunció que se ha descubierto un nuevo estado de la materia, denominado estado topológico, que es distinto al estado sólido, líquido y gaseoso de los materiales, estos descubrimientos le permitirán a la empresa pasar del chip actual de 1-Majorana con ocho *qubits* a un millón de *qubits*, este chip que cabe en una mano, podrá ser una realidad antes de 2030, estas nuevas partículas son menos susceptibles al ruido y a la temperatura, contribuyendo con la estabilidad subatómicas y la ampliación de la capacidad de procesamiento a niveles nunca vistos por la humanidad.

Impacto de la tecnología cuántica actual

En los albores de la segunda revolución basada en principios de la mecánica cuántica, que estudia el comportamiento de las partículas subatómicas, asistimos a una transformación tecnológica sin precedentes que está redefiniendo los fundamentos mismos de la competitividad empresarial, la dinámica social y el equilibrio geopolítico. Los sectores pioneros ya están cosechando beneficios transformadores. En el ámbito financiero, J.P. Morgan ha logrado reducir en un 35 % el tiempo de comercialización de productos derivados mediante algoritmos cuánticos.

La manufactura aeroespacial, con casos como Boeing, ha alcanzado mejoras del 15 % en eficiencia aerodinámica, mientras que la industria farmacéutica —con empresas como Merck a la cabeza— ha acelerado 40 veces sus procesos de investigación y desarrollo (I+D), reduciendo el ciclo de descubrimiento de moléculas de años a semanas (*Nature Biotechnology*, 2023). Estos avances confirman el



extraordinario potencial de la computación cuántica, capaz de resolver en segundos problemas que demandarían meses a las supercomputadoras tradicionales, generando reducciones de costos operativos de hasta el 50 % y mejoras de eficiencia logística del 15-30 % (IBM *Quantum*, 2023).

Asimetría global de inversión y uso

Las tecnologías cuánticas, que han trascendido su origen en la física teórica, están generando una profunda asimetría global con una concentración del 83 % de la inver-

sión global solo en tres países, según McKinsey *Quantum Tech Report*, 2023, Estados Unidos (\$1.8B anuales), China (\$15.3B en su plan quinquenal) y la Unión Europea (€7.2B a través de *Horizon Europe*), el resto de los países que integran la comunidad internacional enfrentan el riesgo de quedar marginados en esta nueva economía digital, (ver Tabla N° 1).

Tabla N° 1. Liderazgo cuántico por país (2023)

País	Inversión	Aplicaciones prioritarias	Institucionalidad
EE. UU	\$1.8B anual	Defensa, finanzas	Alianza público-privada
China	\$15.3B (plan quinquenal)	<i>Smart cities</i> , medicina	Control estatal
UE	€7.2B <i>Horizon Europe</i>	Energía, telecomunicaciones	Cooperación transnacional

Esta disrupción tecnológica presenta una paradoja fundamental: mientras proyecta generar \$3.5 billones en valor económico global para el 2035 (*Boston Consulting Group*), su adopción desigual podría ampliar la brecha digital en un 40 % (UNCTAD *Tech Report*, 2023).

La creciente brecha cuántica se manifiesta en que el 78 % de las PYMEs carecen de capacidades básicas para su adopción (OECD *Digital Economy Outlook*, 2023), mientras que el déficit del 87 % en profesionales calificados (IEEE *Quantum Workforce Report*, 2023) amenaza con profundizar las desigualdades estructurales. A estos retos se suman la vulnerabilidad de las infraestructuras críticas ante la obsolescencia criptográfica (NIST *Post-Quantum Standardization*, 2023) y la ausencia de marcos regulatorios transnacionales para aplicaciones sensibles.

Estos desafíos requieren de una atención global inmediata para transformarlos en nuevas oportunidades colectivas, equilibrando la innovación acelerada con un desarrollo verdaderamente inclusivo, que permita democratizar los beneficios de la revolución cuántica.

Evolución y la Ciencia Cuántica

Revolución cuántica: más allá de la física

En el escenario actual de la cuarta revolución industrial, las tecnologías cuánticas han trascendido los laboratorios de física para convertirse en motores de transformación empresarial y social. Este ensayo analiza cómo compañías pioneras están aprovechando el potencial cuántico mientras examina las implicaciones más amplias de esta disrupción tecnológica, con potencial riesgo de monopolización por parte de estados hegemónicos y/o de corporaciones tecnológicas, (ver Tabla N° 2).

Tabla N° 2. Inversión cuántica corporativa (2023)

Empresa	Sector	Inversión	Aplicación principal
Goldman Sachs	Finanzas	\$120M	Pricing de derivados
Airbus	Aeroespacial	\$75M	Diseño de materiales
Roche	Salud	\$200M	Discovery de proteínas

Esta disparidad tecnológica amenaza con ampliar la brecha Norte-Sur, situación que la UNCTAD (2023) califica como "la nueva frontera de la desigualdad estructural". Mientras estas corporaciones avanzan, el 78 % de las PYMEs carecen de capacidades para adoptar estas tecnologías (OECD, 2023), planteando interrogantes críticas sobre concentración de poder tecnológico.

La computación cuántica está redefiniendo un patrón más amplio los modelos operativos, las ventajas competitivas, generando a su vez nuevos riesgos, tensiones y desafíos.

Seguidamente se presentan algunos casos de adopción cuántica en el sector privado con avances concretos:

- *J.P. Morgan Chase & Co.* (2023): implementó algoritmos cuánticos para optimización de portafolios, reduciendo un 35 % el tiempo de análisis de riesgos financieros y generando ahorros estimados en \$300 millones anuales.
- *Volkswagen Group*: en colaboración con D-Wave, desarrolló un sistema de *routing* cuántico que disminuyó en 40 % los costos logísticos en su cadena de suministro europea (Caso de estudio *Harvard Business Review*, 2022).
- *Boeing*: utiliza simulaciones cuánticas para diseño aerodinámico, logrando un 15 % de mejora en eficiencia energética en sus nuevos modelos 797 (*TechCrunch*, 2023).
- Empresas farmacéuticas como Merck completan en días procesos de descubrimiento de fármacos que antes requerían años (*Nature Biotechnology*, 2023).
- Amazon Web Services (Braket) y Microsoft (Azure Quantum) compiten por dominar la nube cuántica, un mercado proyectado a \$26B para 2026 (Gartner, 2023).

- La banca global invierte \$2.5B anuales en criptografía poscuántica ante amenazas a sistemas legacy (McKinsey, 2023).

La criptografía cuántica

La creciente ciberdelincuencia también se ha apalancado en el uso de los avances técnicos de la inteligencia artificial para el desarrollo de malware, ataques de *phishing* y *deepfakes* o de ingeniería social para ganarse la confianza del usuario, paradójicamente estos avances también serán utilizados para hacer más seguro el manejo de la información. El surgimiento de la criptografía poscuántica representa un salto paradigmático en protección de datos, con mercado proyectado a \$450M para el 2028 (CAGR 25 %), principalmente implementado en sistemas bancarios (HSBC, 2023), infraestructura crítica (Enel Group, 2022) y comunicaciones diplomáticas (UE, 2022). El principio de entrelazamiento cuántico permite crear sistemas inmunes a hackeos convencionales, aunque plantea el dilema de la "obsolescencia programada" de los protocolos actuales (NIST, 2023).

Psicología cuántica: decodificando el comportamiento humano

Los modelos cuánticos están revolucionando las ciencias sociales mediante el análisis no lineal de decisiones de consumo (78 % mayor precisión versus modelos clásicos), la predicción de dinámicas sociales complejas, la personalización masiva en mercadeo (+40 % ROI campañas), la gestión del talento (+25 % retención).



Riesgos y desafíos éticos y gobernanza

Los casos analizados demuestran que la revolución cuántica empresarial ya está en marcha, pero su impacto social dependerá de los mecanismos de transferencia tecnológica (programas de capacitación masiva para un acceso democrático) y del manejo de la ausencia de los marcos regulatorios adaptativos para el uso militar, en la protección de datos personales y para la regulación de las patentes cuánticas.

Impacto laboral en la era cuántica

La adopción de tecnologías cuánticas está transformando radicalmente el mercado laboral, generando tanto oportunidades como desafíos críticos. Según un estudio de McKinsey (2023), se estima que para el 2030 entre el 30-45 % de los trabajos cognitivos actuales (análisis financiero, modelado de datos, diseño algorítmico) serán reconfigurados o automatizados mediante soluciones cuánticas, lo que exigirá una reconversión masiva de habilidades. Por un lado, surgen nuevas profesiones especializadas (arquitectos cuánticos, éticos de IA cuántica, técnicos en QKD) con salarios un 60 % superiores al promedio tecnológico (Deloitte, 2023). Por otro lado, industrias tradicionales como la banca, seguros y logística enfrentarán reducciones de hasta un 25 % en su fuerza laboral operativa debido a la optimización cuántica de procesos (*World Economic Forum*, 2023). El caso de BBVA es ilustrativo: su programa de "recualificación cuántica" para 5.000 analistas financieros demostró que solo el 35 % pudo adaptarse a los nuevos paradigmas de computación cuántica, mientras que el resto fue reubicado en roles menos técnicos (*Harvard Business Review*, 2024).

Esta transición, acelerada por la brecha formativa actual (solo el 12 % de las universidades ofrecen programas en ciencias cuánticas aplicadas según la Unesco, 2023), plantea un desafío sistémico: cómo equilibrar las ganancias de productividad (estimadas en \$3.5 trillones anuales para el 2030) con la inclusión laboral en economías emergentes, donde el 82 % de los trabajadores carecen de in-

fraestructura formativa en estas tecnologías (ILO, 2023). La solución, como sugieren los casos exitosos de Siemens y Accenture, radica en alianzas tripartitas (gobierno-empresas-academia) para desarrollar programas escalables de *upskilling*, combinados con políticas activas de protección laboral para los trabajadores desplazados.

Conclusión

Hacia una revolución cuántica inclusiva y regulada

La convergencia entre las tecnologías cuánticas y el mercadeo marca un punto de inflexión en la evolución empresarial, redefiniendo los paradigmas de interacción organizacional y comprensión del consumidor. Este salto tecnológico, caracterizado por su capacidad para procesar información compleja con precisión sin precedentes y garantizar seguridad absoluta en transacciones digitales, plantea tanto oportunidades extraordinarias como desafíos éticos fundamentales.

La comunidad global enfrenta una disyuntiva crítica: por un lado, el potencial transformador de la mecánica cuántica para impulsar avances en sectores clave como salud, finanzas y sostenibilidad ambiental; por otro lado, el riesgo real de que su desarrollo desigual profundice las brechas tecnológicas existentes. Los datos revelan una urgencia ineludible: se requiere con inmediatez un marco regulatorio internacional que establezca estándares éticos para aplicaciones cuánticas, mecanismos efectivos de transferencia tecnológica controlada y de programas masivos de capacitación cuántica accesibles globalmente.

Las experiencias pioneras de empresas como Siemens y Accenture demuestran que el modelo tripartito (gobierno-industria-academia) representa la vía más efectiva para el desarrollo de una infraestructura cuántica accesible, la implementación de programas de reconversión laboral escalables y el establecimiento de protocolos de seguridad armonizados.



El desafío central de nuestra era tecnológica no reside en contener el progreso cuántico sino en guiarlo mediante una gobernanza colaborativa que equilibre tres dimensiones clave: la innovación acelerada, la inclusión tecnológica y la preservación de valores humanistas. Las sociedades que logren articular este equilibrio tripartito estarán posicionadas para liderar la nueva economía digital sin reproducir los errores de revoluciones industriales pasadas, donde el progreso técnico frecuentemente exacerbó desigualdades. La ventana para actuar es limitada, las decisiones que tomemos en esta década determinarán si la revolución cuántica se convierte en un motor de prosperidad compartida o en un nuevo divisor tecnológico global.

El tiempo de actuar es ahora, y el margen para errores, mínimo.

Referencias

Arute, F.; Arya, K.; Babbush, R.; Bacon, J.; Bardin, J.; Barends, R. y Martinis, J. (2019). *Quantum supremacy using a programmable superconducting processor*. Nature, 574(7779), 505-510. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5>.

Brynjolfsson, E. y McAfee, A. (2016). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W.W. Norton & Company. Disponible en: <https://wwnorton.com/books/9780393356080>.

Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo UNCTAD. (2023). *Technology and innovation report 2023*. Disponible en: <https://unctad.org>.

Cybersecurity, V. (2023). *Global cybersecurity market report 2023*. Disponible en: <https://cybersecurityventures.com>.

Deloitte (2020). *The insights-driven organization*. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/data-analytics/insights-driven-organization.html>.

Deloitte. (2022). *Quantum-powered business transformation*. Disponible en: <https://www2.deloitte.com>.

Duflo, E. y Banerjee, A. (2019). *Good economics for hard times: Better answers to our biggest problems*. PublicAffairs. Disponible en: <https://www.publicaffairsbooks.com/titles/abhijit-v-banerjee/good-economics-for-hard-times/9781541783320/>.

Floridi, L. (2021). *Ethics of quantum technologies*. Nature Electronics, 4(1), 8-10. Gartner (2023). *Hype cycle for quantum computing*.

Gisin, N.; Ribordy, G.; Tittel, W. y Thew, R. (2002). *Quantum cryptography*. Reviews of Modern Physics, 74(1), 145-195. Disponible en: <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.145>.

Harvard, B. (2022). *Volkswagen's quantum supply chain*. International Business Machines IBM. (2023). *Quantum computing report*. Disponible en: <https://www.ibm.com/quantum-computing/quantum-computing-report/>.

International Business Machines IBM Quantum (2023). *Commercial quantum computing benchmarks*. Disponible en: <https://quantum-computing.ibm.com>.

John, M. (2023). *Quantum finance annual report*.

Kjaergaard, M.; Schwartz, M.; Braumüller, J. y Gambetta, J. (2020). *Superconducting qubit state measurement*. Annual Review of Condensed Matter Physics, 11(1), pp. 369-395. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-conmatphys-031119-050605>.

Markets and Markets (2022). *Quantum cryptography market by technology*. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/quantum-cryptography-market-159207651.html>.

Market sand Markets (2023). *Quantum cryptography market forecast*. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com>.

Mayer, V. y Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Eamon Dolan Books. Disponible en: <https://www.hmhbooks.com/shop/books/Big-Data/9780544229945>.



McKinsey y Company (2021). *The state of AI in 2021*. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-state-of-ai-in-2021>.

McKinsey y Company (2023). *The state of quantum computing in business*. Disponible en: <https://www.mckinsey.com>.

McKinsey y Company (2023). *Quantum technology monitor*.

MIT Technology Review (2022). *China's quantum dominance*. Disponible en: <https://www.technologyreview.com>.

National Institute of Standards and Technology (2023). *Post-quantum cryptography standardization*.

Nielsen, M. y Chuang, I. (2010). *Quantum computation and quantum information*. Cambridge University Press.

Pothos, M. y Busemeyer, J. (2022). *Quantum cognition*. *Annual Review of Psychology*, 73, pp.749-778.

Schmidt, E.; Cohen, J. y DeLong, D. (2021). *The new digital age: Reshaping the future of people, nations and business*. Knopf. Disponible en: <https://www.penguinrandomhouse.com/books/315434/the-new-digital-age-by-eric-schmidt-jared-cohen-and-david-delong/>.

