

## ARTÍCULO ORIGINAL

---

### FÍSICA CUÁNTICA Y UNA SOLA SALUD: CONVERGENCIAS TECNOLÓGICAS Y ESTRATÉGICAS PARA LA SALUD GLOBAL DEL SIGLO XXI

### Quantum physics and One Health: Technological and strategic convergences for 21st-century global health

María de los Ángeles Calvo Torras\* y Esteban Leonardo Arosemena Angulo\*\*  
[mariangels.calvo@uab.cat](mailto:mariangels.calvo@uab.cat)

#### RESUMEN

El paradigma Una Sola Salud reconoce la interdependencia entre la salud humana, animal, vegetal y ambiental, proponiendo un enfoque integrador ante los desafíos sanitarios globales, como las enfermedades zoonóticas, la resistencia antimicrobiana y el cambio climático. Paralelamente, los avances en física cuántica han generado tecnologías disruptivas con aplicaciones directas en biomedicina, como la imagenología de alta precisión, los sensores y la computación cuánticos aplicada al descubrimiento de fármacos. Se analiza críticamente la intersección entre estos dos dominios, explorando cómo las herramientas derivadas de la física cuántica pueden contribuir a los objetivos de Una Sola Salud. Se revisan aplicaciones clínicas consolidadas (RMN, PET), tecnologías emergentes (sensores cuánticos, simulación molecular), y sus potenciales usos en vigilancia epidemiológica, diagnóstico precoz y diseño racional de terapias. Se concluye que la física cuántica ofrece una base sólida para transformar la práctica biomédica, especialmente si se articula con marcos conceptuales integradores como *One Health*. Para lograrlo, será necesario impulsar políticas de innovación responsable, formación interdisciplinaria y cooperación científica internacional.

**PALABRAS CLAVE:** Una sola salud, salud global, salud planetaria, *One Health*, física cuántica.

#### ABSTRACT

The *One Health* paradigm recognizes the interdependence among human, animal, plant, and environmental health, proposing an integrative approach to global health challenges such as zoonotic diseases, antimicrobial resistance, and climate change. At the same time, advances in quantum physics have generated disruptive technologies with direct biomedical applications, including high-precision imaging, quantum sensors, and quantum computing for drug discovery. This paper critically analyzes the intersection between these two domains, exploring how tools derived from quantum physics can contribute to the objectives of *One Health*. Established clinical applications (MRI, PET), emerging technologies (quantum sensors, molecular simulation), and their potential uses in epidemiological surveillance, early diagnosis, and rational therapy design are reviewed. It is concluded that quantum physics provides a solid foundation for transforming biomedical practice, especially when articulated with integrative conceptual frameworks such as *One Health*. To achieve this, it will be necessary to promote responsible innovation policies, interdisciplinary training, and international scientific cooperation.

**KEYWORDS:** *One Health*, global health, planetary health, quantum physics.

---

\* Académica de Número de la Sección de Veterinaria de la Real Academia de Doctores de España.

\*\* Grupo de investigación en Microbiología aplicada y medio ambiental. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El enfoque de Una Sola Salud, Salud global o Salud planetaria (*One Health*) ha sido ampliamente adoptado como una estrategia interdisciplinaria para abordar los desafíos derivados de la interrelación entre seres humanos, animales, plantas y ecosistemas. Reconoce que la salud global depende de la interacción entre factores biológicos, ambientales, sociales y tecnológicos, y ha adquirido una particular relevancia ante fenómenos como las pandemias, la resistencia antimicrobiana y el cambio climático.

Asimismo, los avances en física cuántica han dado lugar a tecnologías de alto impacto en el ámbito biomédico. Disciplinas como la imagenología médica, la detección molecular y la investigación farmacológica se han beneficiado de los principios de la mecánica cuántica, a través de técnicas como la resonancia magnética nuclear (RMN), la tomografía por emisión de positrones (PET), y, más recientemente, el desarrollo de sensores cuánticos y plataformas de computación cuántica aplicadas al modelado biomolecular.

El objetivo fundamental de esta aportación, lo podemos resumir en explora las intersecciones entre la física cuántica y el paradigma de Una Sola Salud, analizando el papel de los desarrollos tecnológicos basados en principios cuánticos y su contribución de forma directa a la salud global o planetaria. Se aporta también la posibilidad de integrar modelos computacionales avanzados, habilitados por algoritmos cuánticos, para la simulación de procesos biológicos complejos y la optimización de terapias personalizadas, con implicancias potenciales en medicina de precisión y salud pública.

En última instancia, se plantea una evaluación crítica del papel de la física cuántica en la promoción de estrategias sanitarias globales, identificando tanto sus contribuciones actuales como las perspectivas futuras de integración transdisciplinaria.

## 2. FUNDAMENTOS DE LA FÍSICA CUÁNTICA APLICABLES AL ÁMBITO DE LA SALUD

---

La física cuántica, o mecánica cuántica, describe el comportamiento de la materia y la energía a escalas atómicas y subatómicas.

Entre los principios fundamentales relevantes para la biomedicina y su relación con *One Health* destacan:

- **Superposición cuántica:** Un sistema cuántico puede existir en múltiples estados simultáneamente hasta que es observado. Este principio es clave en el desarrollo de computación cuántica, la cual permite procesar un volumen de información exponencialmente superior al de los sistemas binarios clásicos. Esta capacidad es esencial para el modelado de proteínas, simulaciones de interacción fármaco-receptor y la optimización de redes metabólicas complejas.

- **Entrelazamiento cuántico:** Dos o más partículas pueden correlacionarse de tal forma que el estado de una determina instantáneamente el estado de la otra, independientemente de la distancia. Esta propiedad es la base de tecnologías emergentes como los sensores cuánticos, que facilitan la detección de biomarcadores en concentraciones extremadamente bajas, con aplicaciones diagnósticas en enfermedades neurodegenerativas, oncológicas y metabólicas.
- **Túnel cuántico:** Fenómeno mediante el cual una partícula atraviesa una barrera energética que clásicamente no podría superar. Permite estudiar superficies a resolución atómica, útil en el análisis estructural de biomoléculas.
- **Cuantización de la energía:** En los sistemas cuánticos, la energía se transfiere en paquetes discretos (cuantos), lo que permite una comprensión más precisa de los procesos bioquímicos a escala molecular. Este principio subyace en técnicas espectroscópicas como la resonancia magnética nuclear (RMN), ampliamente utilizada en medicina y biología estructural.

Estos principios no solo han ampliado el conocimiento fundamental del comportamiento de la materia viva, sino que han habilitado herramientas tecnológicas avanzadas que están redefiniendo el diagnóstico, tratamiento e investigación en salud humana y animal.

### **3. APPLICACIONES ACTUALES DE TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN SALUD GLOBAL**

---

Los principios de la mecánica cuántica han dado lugar a una serie de innovaciones tecnológicas que ya se encuentran implementadas o en desarrollo en el ámbito de la salud global. Estas aplicaciones abarcan desde el diagnóstico clínico hasta el diseño de nuevos fármacos, contribuyendo directamente a los objetivos del paradigma Una Sola Salud, al mejorar la capacidad de respuesta frente a enfermedades emergentes, crónicas y de origen zoonótico.

#### **3.1 Imagenología médica basada en principios cuánticos**

La resonancia magnética nuclear (RMN), una de las técnicas de diagnóstico por imagen más utilizadas en la medicina moderna, se basa en el principio de espín nuclear y en la interacción de los núcleos atómicos con campos magnéticos. La mejora en la resolución de estas técnicas ha permitido detectar alteraciones moleculares y estructurales con alta precisión, contribuyendo a diagnósticos tempranos en oncología, neurología y enfermedades cardiovasculares.

Del mismo modo, la tomografía por emisión de positrones (PET), que detecta radiación gamma generada por la aniquilación de positrones, permite visualizar procesos fisiológicos en tiempo real, siendo fundamental para el estudio del metabolismo tumoral, la función cerebral y la progresión de enfermedades neurodegenerativas.

### 3.2 Sensores cuánticos de ultra alta sensibilidad

Los **sensores cuánticos** utilizan efectos como el entrelazamiento o la interferencia cuántica para detectar cambios minúsculos en campos magnéticos, eléctricos o gravitacionales. Estos dispositivos están siendo diseñados para aplicaciones biomédicas como:

- Monitorización precisa de señales neurológicas (p. ej., magnetoencefalografía cuántica).
- Detección precoz de biomarcadores en fluidos biológicos.
- Estudio de respuestas celulares a nivel submolecular.

Estas tecnologías, al aumentar la sensibilidad y especificidad diagnóstica, permiten una intervención clínica más oportuna y personalizada.

### 3.3 Computación cuántica en investigación biomédica

La **computación cuántica** representa un avance disruptivo en el modelado de sistemas biológicos complejos. Los algoritmos cuánticos pueden simular con precisión interacciones electrónicas en moléculas, lo que resulta esencial en:

- Diseño racional de fármacos.
- Modelado de interacciones proteína-proteína.
- Optimización de redes metabólicas en patógenos zoonóticos.

### 3.4 Terapias emergentes basadas en física cuántica

Aunque aún en etapa experimental, se están desarrollando terapias basadas en **manipulación cuántica de estados moleculares** para aplicaciones como:

- Control selectivo de reacciones bioquímicas mediante fotones.
- Terapias fotodinámicas optimizadas con láseres cuánticos.
- Terapia génica y nanomedicina dirigida mediante nanotecnología cuántica.

Estas estrategias abren una nueva frontera en medicina de precisión y podrían ser fundamentales para enfrentar enfermedades infecciosas emergentes o patologías con base genética.

## 4. UNA SOLA SALUD: CONVERGENCIA CON LA CIENCIA CUÁNTICA

---

El enfoque de *Una Sola Salud* propone una visión integrada de la salud humana, animal, vegetal y ambiental, reconociendo que estas dimensiones están profundamente interconectadas. En un contexto de creciente complejidad epidemiológica, marcado por pandemias, resistencia antimicrobiana y disruptivas ecosistémicas, se requieren herramientas tecnológicas avanzadas para el monitoreo, diagnóstico y respuesta eficaz. Las tecnologías emergentes derivadas de la física cuántica representan una oportunidad estratégica para reforzar la implementación práctica del paradigma *One Health*.

#### 4.1 Vigilancia y diagnóstico transdisciplinario

Las herramientas de **Imagenología cuántica y sensores cuánticos** permiten una detección precoz y precisa de infecciones tanto en humanos como en animales, incluso en fases subclínicas. Esto es especialmente relevante en el control de zoonosis emergentes (como las originadas por coronavirus, virus aviares, o fiebre hemorrágica viral), donde la rapidez diagnóstica es vital para controlar la propagación de brotes.

Asimismo, la capacidad de estos sensores para operar en ambientes complejos y no invasivos los hace ideales para estudios de campo, incluyendo fauna silvestre y ganado, integrando así vigilancia ambiental, animal y humana en tiempo real.

#### 4.2 Modelado de sistemas complejos

Los sistemas ecológicos y epidemiológicos poseen una dinámica no lineal y multiescalar. La **computación cuántica** ofrece herramientas para simular estos sistemas de forma más eficiente que los modelos clásicos, permitiendo:

- Anticipar la evolución de patógenos en diferentes huéspedes.
- Estimar rutas de transmisión o propagación.
- Optimizar estrategias de intervención sanitaria y vacunación.

#### 4.3 Investigación traslacional y desarrollo farmacológico

El desarrollo de nuevos fármacos frente a enfermedades zoonóticas o resistentes a tratamientos actuales es uno de los pilares de *Una Sola Salud*. La simulación cuántica de interacciones moleculares permite acelerar:

- El diseño de inhibidores enzimáticos específicos para patógenos emergentes.
- La predicción de mutaciones relevantes en proteínas virales (como en SARS-CoV-2 o influenza).
- La selección de compuestos con menor impacto ambiental y mayor eficacia clínica.

#### 4.4 Equidad tecnológica y bioética

Si bien las tecnologías cuánticas presentan un enorme potencial, también plantean desafíos éticos y logísticos. La brecha tecnológica entre países puede amplificarse si estas herramientas no se integran de forma equitativa en los sistemas de salud global. La aplicación del enfoque *One Health* exige un compromiso con la **accesibilidad, la cooperación internacional y la transferencia de conocimiento**, elementos fundamentales para garantizar que los beneficios de la física cuántica no se concentren exclusivamente en los países más desarrollados.

## 5. REFLEXIÓN CRÍTICA: LÍMITES, RIESGOS Y PERSPECTIVAS FUTURAS

---

Aunque las aplicaciones de la física cuántica en el ámbito de la salud están generando expectativas considerables, es necesario adoptar una perspectiva crítica y equilibrada que permita diferenciar entre potencial real, limitaciones actuales y riesgos éticos.

### 5.1 Limitaciones técnicas y desafíos de implementación

A pesar de los avances en hardware y algoritmos, muchas tecnologías cuánticas aún se encuentran en fase de desarrollo. Así, por ejemplo, las computadoras cuánticas con capacidad suficiente para realizar simulaciones biomédicas complejas siguen siendo experimentales y requieren condiciones extremadamente controladas. Asimismo, los sensores cuánticos de uso clínico aún están en fase de prueba de concepto o prototipado, con barreras en términos de miniaturización, estabilidad y costo. Cabe también indicar que la infraestructura hospitalaria y de investigación en países en vías de desarrollo, generalmente no está preparada para integrar estas tecnologías sin inversiones significativas.

Asimismo, las tecnologías cuánticas en salud precisan estrategias de transición que incluyan formación de personal, desarrollo normativo y colaboración internacional.

### 5.2 Riesgo de pseudociencia y uso inapropiado del término "cuántico"

En años recientes ha proliferado el uso indiscriminado del término "cuántico" en contextos terapéuticos sin fundamento científico, como la llamada "medicina cuántica" o "sanación cuántica". Estas prácticas, carentes de validación experimental y fundamento físico, pueden generar confusión en el público general y dañar la reputación de la ciencia cuántica legítima.

En este sentido, es fundamental diferenciar entre aplicaciones clínicas basadas en tecnologías cuánticas validadas (RMN, PET, etc.) y afirmaciones no sustentadas, así como promover y reforzar una comunicación rigurosa y responsable del conocimiento interdisciplinario.

### 5.3 Perspectivas futuras: integración transdisciplinaria y sostenibilidad

La implementación responsable y equitativa de las tecnologías cuánticas puede colaborar a reforzar significativamente los sistemas de salud integrados, facilitando la optimización de modelos predictivos epidemiológicos mediante algoritmos cuánticos híbridos; el desarrollo de sensores portátiles de alta sensibilidad para uso veterinario, ambiental y humano y la simulación cuántica de rutas metabólicas en organismos patógenos para acelerar el desarrollo de antimicrobianos.

Estas opciones solo podrán materializarse si se abordan paralelamente con las dimensiones éticas, sociales y políticas de la innovación tecnológica. La equidad en el acceso, la gobernanza ética de los datos biomédicos y la cooperación internacional deben ser

elementos centrales en cualquier agenda de investigación e implementación tecnológica enmarcada en el enfoque One Health.

## 6. CONCLUSIÓN

---

La convergencia entre los avances en física cuántica y los desafíos contemporáneos en salud global representa una frontera emergente de alta relevancia científica, tecnológica y estratégica. Como se ha expuesto en este trabajo, múltiples desarrollos tecnológicos fundamentados en principios cuánticos desde la imagenología médica hasta la computación y la detección molecular están generando impactos concretos en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como en la modelización de sistemas biológicos complejos.

En paralelo, el enfoque de *Una Sola Salud* plantea la necesidad de marcos integrados que aborden de forma simultánea los determinantes humanos, animales, vegetales y ambientales de la salud. En este contexto, las herramientas cuánticas no solo ofrecen mejoras tecnológicas, sino también oportunidades metodológicas para desarrollar estrategias sanitarias holísticas, anticipatorias y personalizadas.

La física cuántica, lejos de ser un campo abstracto y alejado de los problemas sanitarios, se perfila como un componente clave en la transformación futura de los sistemas de salud, especialmente si se articula con enfoques interdisciplinarios como *One Health*. La construcción de puentes reales entre estas disciplinas será un paso necesario hacia Una salud global o planetaria más precisa, preventiva, equitativa y sosteniblemente integrada con los sistemas ecológicos del planeta.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Aslam, N., Zhou, H., Urbach, E. K., Turner, M. J., Walsworth, R. L., Lukin, M. D., & Park, H. (2023). Quantum sensors for biomedical applications. *Nature Reviews Physics*, 5(3), 157–169. <https://doi.org/10.1038/s42254-022-00531-y>
2. Mustafa, H., Morapakula, S. N., Jain, P., & Ganguly, S. (2022). Variational quantum algorithms for chemical simulation and drug discovery. *arXiv preprint arXiv:2210.01681*. <https://arxiv.org/abs/2210.01681>
3. Vakili, M. G., et al. (2024). Quantum computing-enhanced algorithm unveils novel inhibitors for KRAS. *arXiv preprint arXiv:2401.00527*. <https://arxiv.org/abs/2401.00527>
4. Flöther, F. F. (2023). The state of quantum computing applications in health and medicine. *arXiv preprint arXiv:2304.01472*. <https://arxiv.org/abs/2304.01472>
5. World Health Organization. (2021). *One Health: Joint plan of action (2022–2026)*. WHO, FAO, UNEP, WOAH. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240059139>
6. BCG Henderson Institute. (2019). *How quantum computing can reshape drug discovery*. Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2019/quantum-computing-reshape-drug-discovery>

7. Mishra, S., & Huang, H. (2024). Quantum computing, AI and drug discovery: 7 key guardrails. *World Economic Forum*.  
<https://www.weforum.org/agenda/2024/02/quantum-computing-ai-drug-discovery/>
8. Gibbs, R. A., & Venter, J. C. (2018). Precision medicine: From science to value. *Science Translational Medicine*, 10(437), eaao3617.  
<https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aao3617>