

Innovación educativa en modelos económicos. De los grafos clásicos a la computación cuántica

Cáceres-Tello, Jesús, jescacer@ucm.es
Galán-Hernández, José Javier, josejgal@ucm.es
*Dpto. de Sistemas Informáticos y Computación
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid*

RESUMEN

La enseñanza de modelos económicos se encuentra ante el desafío de adaptarse a las nuevas demandas tecnológicas del entorno digital. En este contexto, la computación cuántica y la teoría de grafos ofrecen nuevas oportunidades para renovar la formación universitaria en economía, especialmente en lo que respecta al análisis de sistemas complejos e interconectados.

Este artículo propone una estrategia de innovación docente que incorpora los grafos cuánticos como extensión de los modelos clásicos, con el objetivo de mejorar la comprensión de fenómenos económicos en escenarios marcados por la incertidumbre y la dinámica de red. A través de un enfoque metodológico estructurado, se plantea la integración progresiva de estos conceptos en el aula, utilizando herramientas como R y Qiskit para facilitar la experimentación y visualización del alumnado.

La propuesta no busca reemplazar el enfoque tradicional, sino complementarlo con recursos que potencien el pensamiento abstracto, la interpretación de sistemas probabilísticos y la alfabetización digital. Esta transformación pedagógica pretende preparar a los futuros economistas para un entorno profesional más tecnológico, interdisciplinar y orientado al análisis de realidades complejas.

ABSTRACT

The teaching of economic models faces the challenge of adapting to the technological demands of the digital environment. In this context, quantum computing and graph theory offer new opportunities to update university-level economics education, particularly in the analysis of complex and interconnected systems.

This article proposes an innovative teaching strategy that introduces quantum graphs as an extension of classical models, aiming to enhance the understanding of economic phenomena in scenarios marked by uncertainty and network dynamics. Through a structured methodological approach, the gradual integration of these concepts into the classroom is proposed, using tools such as R and Qiskit to support experimentation and student visualization.

Rather than replacing traditional methods, this proposal seeks to complement them with resources that strengthen abstract thinking, probabilistic reasoning, and digital literacy. This pedagogical transformation is designed to prepare future economists for a professional context that is increasingly technological, interdisciplinary, and oriented toward the analysis of complex realities.

Palabras claves: Computación cuántica en economía; Teoría de grafos y redes económicas; Optimización cuántica para modelos económicos; Innovación educativa en economía digital; Algoritmos cuánticos para análisis económico

Keywords: Quantum computing; Graph theory; Economic models; Educational innovation; Digital transformation in economics

Área temática: A1 - Metodología y docencia

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de modelos económicos ha estado tradicionalmente apoyada en herramientas matemáticas que permiten representar la realidad de forma estructurada. Entre ellas, la teoría de grafos ha desempeñado un papel central en el análisis de redes de comercio, estructuras de producción o sistemas financieros interconectados, facilitando la comprensión de las relaciones entre agentes y sectores (Estrada, 2022). Sin embargo, la creciente complejidad e interdependencia de las economías actuales exige metodologías más avanzadas que superen las limitaciones de los enfoques clásicos.

En este contexto, la computación cuántica ha pasado de ser una promesa tecnológica a convertirse en una herramienta en expansión, con aplicaciones crecientes en campos como la optimización o la simulación de procesos económicos (Orús, Mugel y Lizaso, 2023). Gracias a su capacidad para procesar simultáneamente grandes volúmenes de información, permite resolver problemas que, mediante métodos tradicionales, serían inviables por su carga computacional (Mugel et al., 2022). La evolución hacia los grafos cuánticos abre nuevas posibilidades en la representación de estructuras económicas marcadas por la incertidumbre y la adaptabilidad (Gajewski et al., 2021).

Esta transformación plantea también un reto formativo: adaptar la enseñanza económica a este nuevo paradigma. Formar estudiantes capaces de operar con estos modelos exige repensar los recursos, las metodologías y las competencias que se consideran esenciales en la formación del economista (Fox et al, 2020). No se trata de convertir al economista en físico, sino de dotarlo de una alfabetización tecnológica fundamental para interpretar entornos económicos cada vez más complejos (Leoste et al., 2021).

Este artículo presenta una estrategia de innovación educativa que introduce progresivamente los modelos cuánticos en la enseñanza de economía, partiendo de los grafos clásicos y articulando un enfoque metodológico adaptado a este nuevo escenario.

2. MARCO TEÓRICO

La comprensión de las dinámicas económicas requiere modelos que representen no solo las relaciones cuantitativas entre variables, sino también las estructuras relacionales entre agentes,

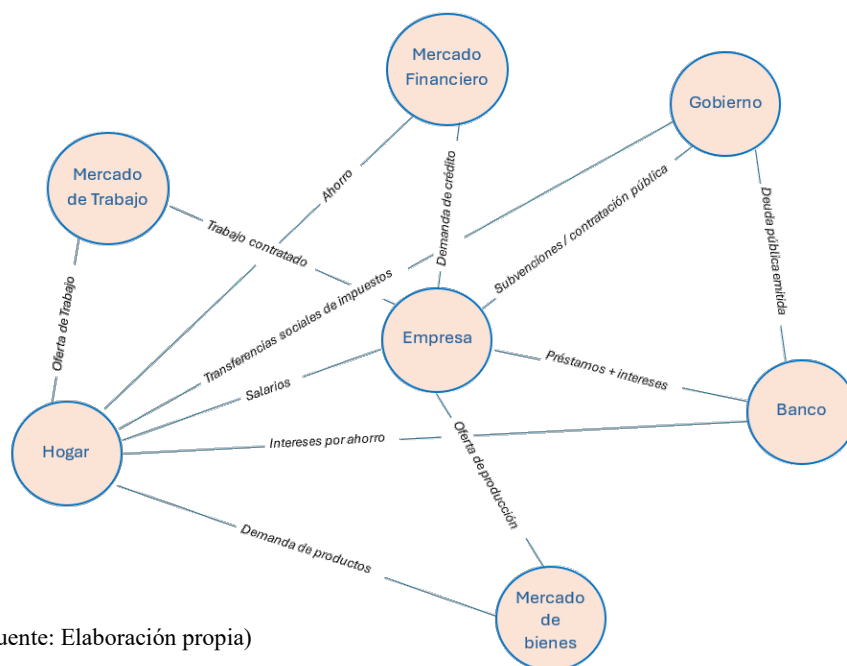
sectores y flujos de información. En este sentido, la enseñanza de economía ha incorporado tradicionalmente herramientas como la teoría de grafos para facilitar la visualización de redes complejas (Jackson, 2022). Sin embargo, los desafíos analíticos que plantea la creciente interdependencia de los mercados globales han impulsado el interés por enfoques computacionales más avanzados, entre los cuales la computación cuántica destaca por su potencial disruptivo. Este marco teórico revisa, por tanto, las bases del uso de grafos en modelos económicos y el emergente impacto educativo de las tecnologías cuánticas.

2.1. Teoría de grafos en modelos económicos

La teoría de grafos permite representar relaciones económicas mediante estructuras de nodos y aristas, facilitando el análisis de sistemas complejos y la identificación de flujos clave entre agentes. En el ámbito del análisis input-output, se ha empleado para estudiar la interdependencia entre sectores productivos y las estructuras de conectividad en redes regionales (Depaolis et al., 2022).

Su aplicación también ha resultado útil en contextos empresariales, como la mejora de rutas de distribución y la planificación logística, donde permite optimizar recursos y reducir costes (Puchades Cortés et al., 2008). A nivel sectorial, ha sido utilizada para analizar patrones de consumo y gasto, como en el estudio de redes turísticas, donde los grafos ayudan a visualizar comportamientos agregados de los agentes (Brida et al., 2016). Estas aplicaciones prácticas pueden representarse visualmente mediante grafos simples, como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. Representación de relaciones económicas básicas mediante teoría de grafos.



(Fuente: Elaboración propia)

Desde el punto de vista docente, estas representaciones ofrecen una herramienta accesible para introducir al alumnado en la modelización de relaciones económicas. Sin embargo, los grafos clásicos presentan limitaciones cuando se pretende representar incertidumbre o múltiples interacciones dinámicas simultáneas, lo que abre paso a enfoques como los grafos cuánticos.

2.2. Computación cuántica y su impacto en la enseñanza

La computación cuántica se apoya en principios como la superposición y el entrelazamiento, lo que permite procesar información de forma exponencialmente más eficiente que los sistemas clásicos. Estas propiedades han impulsado su aplicación en campos como la optimización, la simulación y el análisis de sistemas complejos, incluyendo procesos económicos (Orús, Mugel y Lizaso, 2023).

En economía, su capacidad para manejar múltiples variables y estados simultáneos permite afrontar problemas que resultan inabordables mediante métodos tradicionales (Mugel et al., 2022). Este potencial técnico introduce también una dimensión pedagógica: incorporar el pensamiento cuántico en el aula abre nuevas posibilidades en el desarrollo del razonamiento abstracto y la comprensión de la incertidumbre.

En el contexto educativo, esta integración requiere una comparación clara entre los marcos clásicos y cuánticos. La Tabla 1 resume los principales principios que diferencian la computación clásica de la cuántica, proporcionando un puente conceptual para su comprensión en el aula.

Tabla 1. Computación clásica vs. Computación cuántica: principios fundamentales.

Computación clásica	Computación Cuántica
Bit (0 o 1)	Qubit (superposición de 0 y 1)
Estados determinados	Estados probabilísticos
Lógica booleana	Lógica cuántica
Secuencial	Paralelismo cuántico.
Operaciones con puertas lógicas	Operaciones con puertas cuánticas
Representación binaria	Espacio de Hilbert (vectores complejos)
Ejecución en tiempo definido	Resultados con distribución estadística

(Fuente: Elaboración propia basada en Biamonte et al., 2019)

Esta tabla actúa como puente conceptual y permite al estudiante entender las diferencias de lógica, representación y procesamiento de información (Biamonte et al, 2019).

Además, su incorporación en la enseñanza favorece el desarrollo de competencias clave como la adaptabilidad y la interpretación de sistemas no deterministas, alineadas con los nuevos retos profesionales (Jagatheesaperumal et al., 2022).

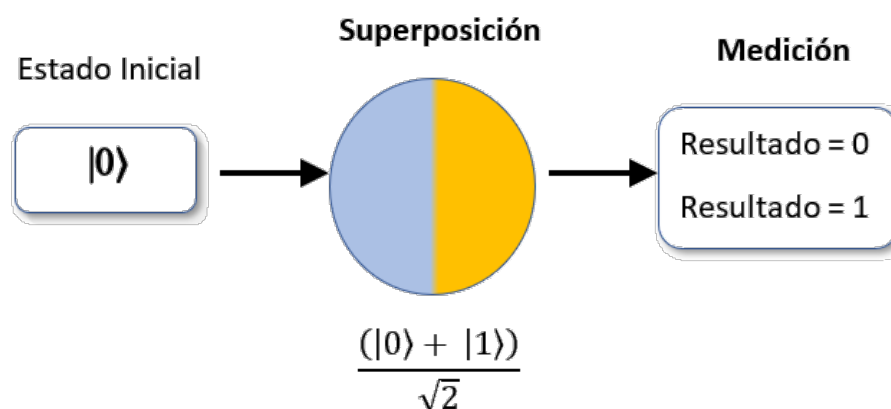
3. PROPUESTA DE INNOVACIÓN DOCENTE

A partir de los fundamentos expuestos, surge la necesidad de trasladar ese conocimiento al ámbito formativo mediante una propuesta concreta. Esta sección presenta una estrategia diseñada para integrar, de forma estructurada y progresiva, el potencial de la computación cuántica en la enseñanza de modelos económicos.

Más que reemplazar los enfoques tradicionales, se trata de ampliarlos con recursos conceptuales y tecnológicos que permitan al alumnado interpretar con mayor profundidad la complejidad económica actual. En esta línea, diversas investigaciones destacan que la incorporación de tecnologías emergentes en los planes de estudio no solo actualiza el currículo, sino que favorece el desarrollo de competencias transversales esenciales para la toma de decisiones en contextos inciertos y dinámicos (García-Peñalvo et al, 2021).

La propuesta se articula en torno a tres ejes: la integración curricular de nuevos contenidos, el uso de grafos cuánticos como herramienta de análisis aplicada, y el diseño de actividades formativas que combinen teoría y práctica en un entorno interdisciplinar y conectado con los desafíos del contexto económico contemporáneo. La Figura 2 ilustra de manera esquemática el proceso básico de superposición y medición en un circuito cuántico, que servirá como base conceptual para las actividades prácticas propuestas.

Figura 2: Esquema de circuito cuántico: superposición y medición



(Fuente: Elaboración propia)

3.1. Integración de la Computación Cuántica en la Enseñanza de Modelos Económicos

La computación cuántica, basada en principios como la superposición y el entrelazamiento, permite procesar información de forma mucho más eficiente que los sistemas clásicos. Esta capacidad resulta especialmente útil para abordar problemas económicos complejos, con múltiples variables e interacciones dinámicas.

Su incorporación en la enseñanza de modelos económicos no solo actualiza el currículo, sino que forma a los estudiantes en la comprensión de entornos inciertos y altamente interdependientes. Familiarizarse con esta tecnología les permitirá desarrollar modelos más precisos, adaptados a los desafíos actuales del análisis económico. En este sentido, diversas investigaciones subrayan su potencial transformador en el ámbito financiero y económico, así como la necesidad de incluirla en los programas formativos (Kaal, 2024).

3.2. Uso de Grafos Cuánticos en la Enseñanza de Economía

Los grafos cuánticos amplían la teoría de grafos clásica al incorporar principios como la superposición y la interferencia. A diferencia de los grafos deterministas, permiten representar conexiones que coexisten en múltiples estados, lo que los convierte en una herramienta versátil para analizar redes económicas complejas (Gajewski et al., 2021).

Esta capacidad resulta especialmente útil en el estudio de sistemas financieros, cadenas de suministro globales o estructuras de toma de decisiones con alta incertidumbre. La posibilidad de capturar dinámicas no lineales y comportamientos no deterministas abre nuevas vías para la simulación y predicción de fenómenos económicos interconectados.

Desde la perspectiva pedagógica, introducir grafos cuánticos en el aula potencia el pensamiento abstracto y probabilístico, y permite al alumnado familiarizarse con representaciones que reflejan mejor la complejidad del entorno económico actual. Su implementación no requiere conocimientos avanzados de física, lo que favorece su integración gradual en asignaturas relacionadas con modelización y análisis de redes.

Varios estudios apuntan a su utilidad educativa como puente conceptual entre grafos clásicos y sistemas dinámicos más sofisticados, especialmente cuando se combinan con recursos visuales e interacciones prácticas (Venegas-Andraca., 2022).

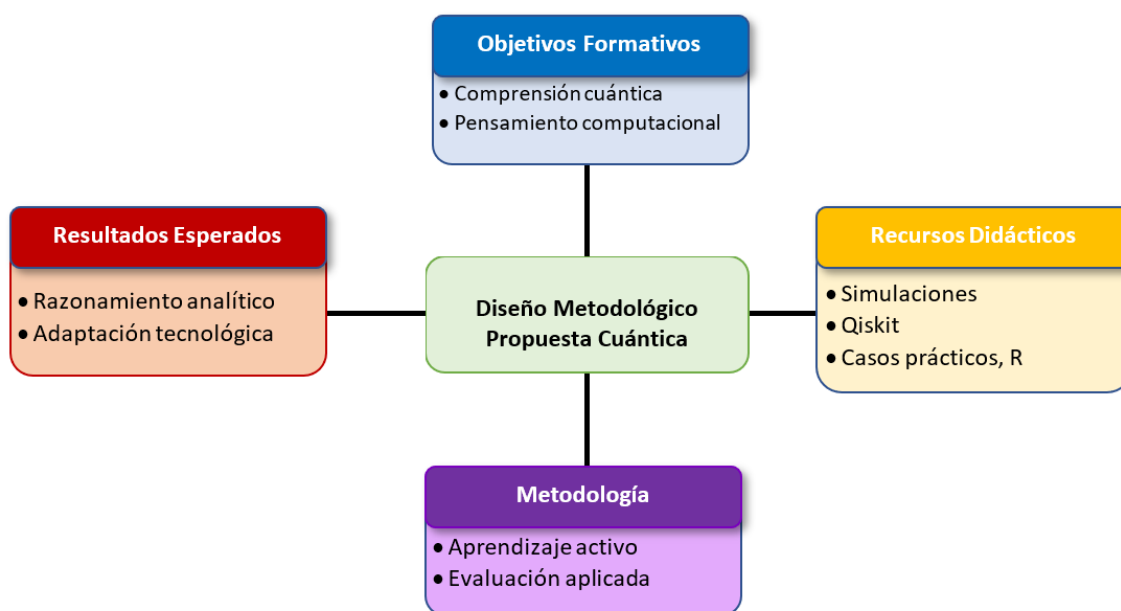
3.3. Diseño Metodológico y Estrategias de Implementación

La implementación didáctica de los grafos cuánticos requiere un enfoque metodológico adaptado a la naturaleza interdisciplinar del contenido. El objetivo es facilitar su comprensión sin

necesidad de conocimientos avanzados en física, integrándose de forma progresiva y contextualizada en asignaturas de teoría económica, análisis de redes o métodos cuantitativos.

El diseño se basa en el aprendizaje activo, combinando explicaciones conceptuales, representaciones visuales, ejercicios prácticos y simulaciones. Este enfoque favorece la comprensión de los principios cuánticos desde su aplicabilidad al análisis económico, promoviendo el razonamiento abstracto y la resolución de problemas (Kumar et al., 2023). La Figura 3 muestra un mapa conceptual que resume la estrategia metodológica propuesta para integrar progresivamente los conceptos cuánticos en la enseñanza de modelos económicos.

Figura 3. Mapa conceptual del diseño metodológico.



(Fuente: Elaboración propia)

Las actividades guían al estudiante desde la representación clásica de grafos hacia su reinterpretación cuántica, utilizando plataformas como Qiskit, IBM Quantum Lab o R. Estas herramientas permiten experimentar con estructuras de red, aplicar operaciones cuánticas y contrastar resultados con modelos clásicos.

Se plantea además una evaluación orientada a la aplicación del conocimiento, que permite valorar competencias como el pensamiento sistémico, la interpretación probabilística o la adaptabilidad tecnológica. Este enfoque responde a las nuevas demandas de la educación superior, que priorizan habilidades críticas y tecnológicas en contextos multidisciplinares (Jagatheesaperumal et al., 2022).

4. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Una vez definida la estructura conceptual de la innovación docente, resulta necesario abordar su concreción práctica. Este apartado se centra en dos dimensiones clave para garantizar una implementación eficaz: por un lado, el diseño de materiales didácticos alineados con los objetivos formativos, y por otro, la planificación gradual y contextualizada de su puesta en marcha. Ambos aspectos se consideran esenciales para asegurar no solo la viabilidad del enfoque propuesto, sino también su adecuación al perfil del alumnado y a las condiciones del entorno académico.

4.1 Diseño del material docente

La calidad del material docente desempeña un papel crucial en la eficacia de cualquier innovación pedagógica. En el caso que nos ocupa, se propone la elaboración de una serie de recursos diseñados específicamente para facilitar la introducción de la computación cuántica y los de los grafos cuánticos en el contexto de la enseñanza económica.

Estos materiales incluirán:

- Guías teóricas breves con lenguaje adaptado a estudiantes de economía no familiarizados con la física cuántica.
- Casos prácticos resueltos que integren análisis económicos mediante representaciones gráficas (clásicas y cuánticas).
- Simulaciones interactivas basadas en plataformas como IBM Quantum o Qiskit para visualizar algoritmos cuánticos aplicados a modelos económicos simples.
- Presentaciones visuales con esquemas comparativos entre modelos clásicos y cuánticos, que faciliten el aprendizaje progresivo.

Para facilitar la comprensión de las diferencias fundamentales entre grafos clásicos y cuánticos, la Tabla 2 presenta una comparativa entre ambos enfoques aplicada al análisis de redes económicas.

Tabla 2. Comparativa de grafos clásico y grafos cuánticos en el análisis de redes económicas.

Asignatura	Grafos clásicos	Grafos cuánticos
Naturaleza de las relaciones	Determinista (sí/no; peso definido)	Probabilística (superposición de estados)
Representación matemática	Matriz de adyacencia real	Matriz compleja con amplitudes cuánticas

Capacidad de escalado	Limitada por la complejidad computacional	Alta (en entornos simulados o futuros QC)
Aplicación en economía	Input-output, logística, redes sociales	Predicción, optimización en redes dinámicas
Software didáctico sugerido	R (igraph), Gephi	Qiskit, PennyLane, QuTiP

(Fuente: Elaboración propia)

Como se observa en la Tabla 2, los grafos cuánticos suponen una evolución respecto a los grafos clásicos en el análisis de redes económicas. La transición de una lógica determinista a una representación probabilística, así como la adopción de nuevas herramientas tecnológicas, permite abordar fenómenos económicos complejos con mayor precisión y flexibilidad (Zhang et al., 2022).

4.2 Planificación de la puesta en práctica

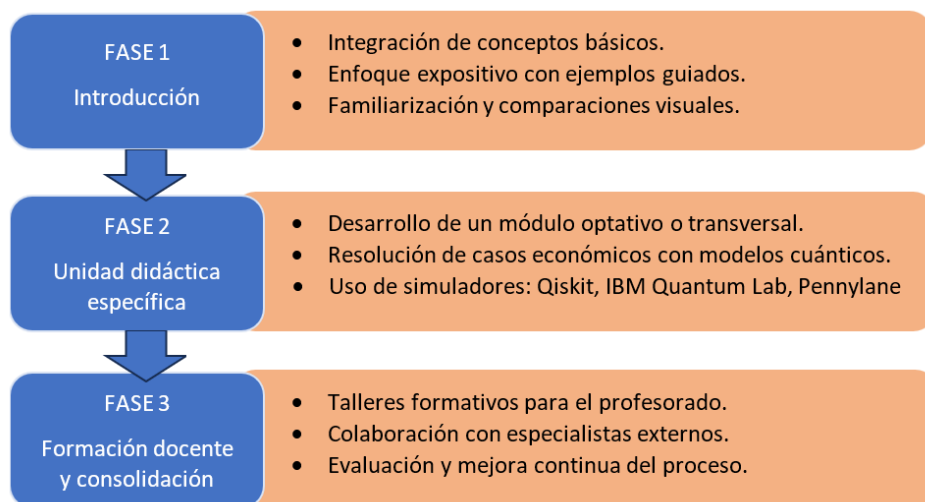
La implementación de esta propuesta docente requiere una planificación estructurada en fases, que facilite su integración progresiva y adaptada al nivel del alumnado. Se propone una secuencia en tres etapas: introducción conceptual, experimentación guiada y aplicación autónoma.

En la primera fase, se introducen los fundamentos de la computación cuántica vinculados al análisis económico, mediante recursos visuales y dinámicas participativas. En la segunda, se fomenta el trabajo práctico con herramientas como Qiskit o R, permitiendo modelar situaciones económicas complejas. Finalmente, el alumnado desarrolla propuestas propias que integren los conocimientos adquiridos.

Esta estructura escalonada contribuye al desarrollo de competencias clave en entornos económicos tecnológicamente avanzados, alineándose con los enfoques más recientes en innovación educativa (Dharmawati et al., 2022).

La Figura 4 sintetiza visualmente las tres fases principales en las que se estructura la puesta en práctica de la propuesta docente basada en computación cuántica.

Figura 4. Fases de implementación de la propuesta docente basada en computación cuántica.



(Fuente: Elaboración propia)

5. DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS FUTURAS

La introducción de la computación cuántica en la enseñanza de modelos económicos representa un avance significativo, pero no está exenta de obstáculos. Entre los principales desafíos destacan la falta de formación específica del profesorado, la escasez de materiales pedagógicos adaptados al contexto económico y la necesidad de familiarizar al alumnado con un nuevo marco lógico y tecnológico.

La complejidad técnica de esta disciplina exige un equilibrio entre profundidad conceptual y accesibilidad didáctica. Por ello, se plantea una integración progresiva, centrada en competencias analíticas, digitales y de pensamiento abstracto. Esta transición metodológica requiere no solo recursos adecuados, sino también voluntad institucional para adaptar los programas formativos a las exigencias de un entorno tecnológico en constante evolución (García-Peñalvo et al, 2021).

Desde una perspectiva académica, la computación cuántica ofrece oportunidades para repensar los modelos económicos desde nuevas lógicas representacionales, como los grafos cuánticos. Estudios recientes han explorado su utilidad en la representación de sistemas complejos, destacando su aplicabilidad en diversos campos, incluido el educativo (Zhou et al., 2023).

Como línea futura, se propone aplicar esta metodología en entornos reales de aula, evaluando su impacto tanto en la adquisición de competencias como en la percepción del estudiantado. Este análisis permitirá ajustar la propuesta y consolidar su viabilidad a medio plazo.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo ha presentado una propuesta de innovación docente orientada a incorporar la computación cuántica en la enseñanza de modelos económicos. A partir del análisis de los fundamentos de la computación clásica y cuántica, así como del potencial representativo de los grafos cuánticos, se ha construido un enfoque metodológico que busca enriquecer la formación del alumnado universitario en economía.

Frente a los enfoques tradicionales basados en modelos deterministas, la computación cuántica permite abordar fenómenos económicos complejos desde una lógica más flexible, adaptativa y probabilística. Su integración progresiva en el currículo favorece no solo la actualización técnica de los contenidos, sino también el desarrollo de competencias transversales como el pensamiento abstracto, la interpretación de sistemas dinámicos y la alfabetización digital.

La propuesta presentada se apoya en un diseño metodológico estructurado en fases, acompañado de materiales didácticos y herramientas tecnológicas accesibles. Aunque su implementación implica desafíos importantes —como la formación docente o la adaptación curricular—, también abre oportunidades para renovar la enseñanza económica y aproximarla a los desafíos del siglo XXI.

Como continuación natural de este trabajo, se plantea su aplicación en contextos reales de aula, con el objetivo de evaluar el impacto formativo de la propuesta, tanto desde la perspectiva del aprendizaje como desde la percepción del estudiantado. Esta futura evaluación permitirá validar, ajustar y escalar la metodología propuesta, consolidando así su contribución a una educación económica más innovadora y adaptada al cambio tecnológico.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biamonte, J., Faccin, M., & De Domenico, M. (2019). Complex networks from classical to quantum. *Communications Physics*, 2, 53. <https://doi.org/10.1038/s42005-019-0152-6>
- Brida, J. G., Montero, M. B., Risso, W. A., & Siedschlag, I. (2016). Modelos basados en grafos: una aplicación al estudio del gasto de cruceristas en Uruguay. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 21, 5-27. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2890/2287>
- Depaolis, F., Murphy, P., & De Paolis Kaluza, M. C. (2022). Identifying key sectors in the regional economy: a network analysis approach using input–output data. *Applied Network Science*, 7, 86. <https://doi.org/10.1007/s41109-022-00519-2>

- Dharmawati, T., Judijanto, L., Fatmawati, E., Rokhim, A., Ruhana, F., & Erkamim, M. (2022). Adoption of quantum computing in economic analysis: potential and challenges in distributed information systems. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*. <https://doi.org/10.4108/eetsis.4373> (preprint)
- Estrada, E. (2011). *The structure of complex networks: Theory and applications*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199591756.001.0001>
- Fox, M. F. J., Zwickl, B. M., & Lewandowski, H. J. (2020). Preparing for the quantum revolution: What is the role of higher education? *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020131. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020131>
- García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande-de-Prado, M. (2021). Recommendations for mandatory online assessment in higher education during the COVID-19 pandemic. In D. Burgos, A. Tlili, & A. Tabacco (Eds.), *Radical solutions for education in a crisis context* (pp. 95-111). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7869-4_6
- Gill, S. S., Kumar, A., Singh, H., Singh, M., Kaur, K., Usman, M., & Buyya, R. (2020). Quantum computing: A taxonomy, systematic review and future directions. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.15559>
- Jagatheesaperumal, S. K., Ahmad, K., Al-Fuqaha, A., & Qadir, J. (2022). Advancing education through extended reality and Internet of Everything enabled metaverses: applications, challenges, and open issues. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.01512>
- Kaal, W. A. (2024). Quantum economy and the future of work. *University of St. Thomas (Minnesota) Legal Studies Research Paper No. 24-18*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4900880> (preprint)
- Moutinho, J. P., Magano, D., & Coutinho, B. (2024). On the complexity of quantum link prediction in complex networks. *Scientific Reports*, 14, 1026. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49906-4>
- Gajewski, Ł. G., Sienkiewicz, J., & Hołyst, J. A. (2021). Discovering hidden layers in quantum graphs. *Physical Review E*, 104, 034311. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.104.034311>
- Leoste, J., Jõgi, L., Õun, T., Pastor, L., López, J. S. M., & Grauberg, I. (2021). Integrating emerging technologies into higher education—The future perceptions. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202108.0039.v1> (preprint)

- Mugel, S., Kuchkovsky, C., Sánchez, E., Fernández-Lorenzo, S., Luis-Hita, J., Lizaso, E., & Orús, R. (2022). Dynamic portfolio optimization with real datasets using quantum processors and quantum-inspired tensor networks. *Physical Review Research*, 4(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.4.013006>
- Orús, R., Mugel, S., & Lizaso, E. (2019). Quantum computing for finance: overview and prospects. *Reviews in Physics*, 4, 100028. <https://doi.org/10.1016/j.revip.2019.100028>
- Puchades Cortés, V., Rodríguez Villalobos, A., & Mula, J. (2008). Aplicación de la teoría de grafos para mejorar la planificación de rutas de trabajo de una empresa del sector de la distribución automática. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 6, 7-22. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.2112>
- Venegas-Andraca, S. E. (2012). Quantum walks: A comprehensive review. *Quantum Information Processing*, 11(5), 1015–1106. <https://doi.org/10.1007/s11128-012-0432-5>
- Zhang, B., Yin, J., Jiang, H., & Qiu, Y. (2022). Application of social network analysis in the economic connection of urban agglomerations based on nighttime lights remote sensing: A case study in the New Western Land-Sea Corridor, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(10), 522. <https://doi.org/10.3390/ijgi11100522>