

El ascenso de los Agentes de IA: integrando IA, tecnologías blockchain y computación cuántica.

Petar Radanliev, 487 páginas. 1^a edición, 2025, Addison-Wesley¹

René Palacios Garita
Universidad Complutense de Madrid (España)

<https://dx.doi.org/10.5209/dere.102350>

ES Resumen. El libro publicado por Addison/Wesley, explora la convergencia de la inteligencia artificial (IA), la tecnología blockchain y la computación cuántica, analizando cómo estas tecnologías se potencian mutuamente y su impacto en el futuro. El autor detalla la evolución de la IA hacia agentes autónomos, el rol de la blockchain en la creación de sistemas descentralizados y seguros, y el poder de la computación cuántica para resolver problemas complejos. Se subraya la necesidad de abordar los desafíos de seguridad y ética, especialmente ante el riesgo de que la computación cuántica rompa los sistemas de cifrado actuales. A su vez, destaca la importancia del potencial transformador de estas tecnologías en diversos sectores.

Palabras clave. Agentes de Inteligencia Artificial, Inteligencia Artificial, Blockchain, Computación Cuántica, Inteligencia Artificial General, Singularidad Tecnológica.

ENG Abstract. The book published by Addison/Wesley, explores the convergence of artificial intelligence (AI), blockchain technology and quantum computing, analyzing how these technologies enhance each other and their impact on the future. The author details the evolution of AI towards autonomous agents, the role of blockchain in creating decentralized and secure systems, and the power of quantum computing to solve complex problems. The need to address security and ethics challenges is underlined, especially given the risk of quantum computing breaking current encryption systems. At the same time, it highlights the importance of the transformative potential of these technologies in various sectors.

Keywords. Artificial Intelligence Agents, Artificial Intelligence, Blockchain, Quantum Computing, General Artificial Intelligence, Technological Singularity.

Entendiendo que nuestro devenir diario es concurrente en la cuarta revolución industrial, hoy los profesionales del ámbito jurídico afrontamos y nos enfrentamos a retos que impelen la noción ecléctica para el entendimiento de lo disruptivo de las tecnologías emergentes. En específico, el problema fundamental alude a discernir la combinación de estas tres como son la Inteligencia Artificial (IA), la tecnología blockchain (TB) y la computación cuántica (CC), en una sola: los Agentes de Inteligencia Artificial (AIA). Peculiar combinación que nos lleva a plantearnos la cognición de cada una para derivar e integrar al final, el entendimiento de los AIA como sistemas autónomos que procesan información y toman decisiones con el fin de alcanzar objetivos específicos.

Dado ello, la propuesta del autor se circunscribe a la relación entre los fundamentos de tecnologías

avanzadas, reconocida en la combinación entre IA, TB y CC. De hecho, uno de los principales propósitos de la obra es explorar la integración de estos elementos en la generación de Agentes de Inteligencia Artificial (AIA) en progresión hacia la Inteligencia Artificial General (AIG) y la Singularidad Tecnológica (ST) como punto donde la IA sobrepase a la inteligencia humana, abordando con ello los desafíos éticos y de seguridad, para poder discernir y entender sus implicaciones. Esta obra es también singular porque nos permite explorar en 10 capítulos, tres secciones a tamizar para esta comprensión: los fundamentos de tecnologías avanzadas (IA, TB, CC y AIA), la convergencia de dichas tecnologías en aplicaciones robustas, y finalmente, las implicaciones para la sociedad, aunadas también a consideraciones éticas. Por último, se propone un colofón para la

1 Para la identificación de las páginas referidas en la reseña, se toma en cuenta la paginación conforme a su versión en libro electrónico.

reseña respecto al potencial de integración de estas tecnologías concretadas que nos apoya en el discernimiento de lo abordado por el autor.

Se comienza enfatizando la concepción de los fundamentos de tecnologías avanzadas. En específico, en el primer capítulo se genera una visión general y sirve como base para poder establecer los conceptos que se refieren a la IA, la TB y el CC, conjugadas todas en una convergencia cuyo poder del desarrollo individual de las tecnologías confiere cambios en el mundo. De ello podemos rescatar respecto a esta convergencia que *El desarrollo e integración simultáneos de la inteligencia artificial, la tecnología blockchain y la computación cuántica desbloquean un potencial sin precedentes para la innovación y la transformación en diversas industrias* (p.44). En específico, el autor alude a consideraciones éticas y para la sociedad respecto a esta combinación de tecnologías.

Posteriormente, en el segundo capítulo se explora la evolución de la inteligencia artificial hacia agentes de IA, centrándose en metodologías clave como el aprendizaje por refuerzo (AR), el algoritmo Q-Learning (AQ) y máquinas de Turing neuronales (MTN). Conforme a ello, se analiza el avance de la IA desde el aprendizaje automático temprano hasta enfoques basados en datos, permitiendo el desarrollo de agentes autónomos. En el caso de AR y AQ, se examinan por su rol en la optimización de decisiones, mientras que, en las MTN, que combinan redes neuronales con memoria, mejoran la capacidad de los agentes para manejar tareas complejas. Con ello se establecen las bases para entender estos avances hacia sistemas de IA como la Inteligencia Artificial General (AGI) (p.74).

En el tercer capítulo, se revisa la incorporación de IA en la tecnología de blockchain. En específico, se aborda el libro más distribuido, enfocándose en Ethereum con su Máquina Virtual Ethereum (MVE) y su token nativo, Ether, destacando su apoyo a contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas o dApps-, y Hyperledger (el cual ofrece soluciones empresariales con redes autorizadas y mecanismos de consenso configurables). Estos últimos, mejoran los oráculos inteligentes, analizando con ello datos de múltiples fuentes, y los contratos automatizados, que utilizan algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de Lenguaje Natural (PNL) para ejecutar cláusulas de documentos legales. Con ello se reconocen desafíos en la integración de IA con blockchain, como la influencia potencial de la computación cuántica.

En el cuarto capítulo, denominado *Computación cuántica y Agentes Inteligentes* se ofrece un análisis del impacto de la computación cuántica en las capacidades de los AIA. Conforme a ello, se abordan principios cuánticos como la superposición (permite a los qubits o bits cuánticos, representar varios estados a la vez), y el entrelazamiento (posibilita la correlación instantánea entre qubits). Esto implica la denominada supremacía cuántica, donde los sistemas cuánticos superan a las computadoras clásicas en tareas como la factorización de números grandes –con el algoritmo de Shor–, y la aceleración de búsquedas en bases de datos no estructuradas –con el algoritmo de Grover–, reduciendo la complejidad de búsqueda. Esta sección concluye refiriendo que los avances cuánticos mejorarán los AIA en la optimización de cálculos a gran escala, la ruptura de métodos de encriptación y el manejo de grandes volúmenes. En definitiva, con

esta progresión de capacidades en el descubrimiento de medicamentos y sobre todo en *La capacidad de analizar rápidamente datos moleculares y genéticos podría acelerar el desarrollo de nuevos fármacos, reduciendo el tiempo y los costos asociados con la investigación farmacéutica* (p.133).

Interesante la siguiente sección, donde se plantea la convergencia de la IA, la TB y el CC, es decir, la combinación de estas tecnologías hacia aplicaciones robustas para resolución de problemas reales y mejorar diversas aplicaciones. Dentro de las primeras implicaciones, se plantea en el capítulo 5 explorar la sinergia entre la IA y blockchain, fomentando mercados descentralizados de IA, destacando cómo las capacidades predictivas de la IA complementan la transparencia e inmutabilidad de la blockchain. Con ello, el autor prevé umbral de tiempo en los que en 10 años (2025-2034) será una etapa de integración y expansión. En los siguientes 20 años (2034-2054) se generarán grandes transformaciones en la sociedad en sectores clave como finanzas, salud y gobernanza. Finalmente, en los 50 años del siguiente umbral (2054-2104), se experimentará una nueva era de la civilización digital con el desarrollo de IA consciente integrada en redes blockchain gestionando sistemas globales, pero con desafíos éticos, de privacidad y regulación.

En el capítulo subsiguiente denominado *Agentes de IA cuántica*, donde el autor nos plantea que, aunque existen al momento de elaboración del libro distintas computadoras cuánticas (*IBM's Osprey, Rigetti Advantage, Intel Horse Ridge II, IBM Eagle, Microsoft Azure Quantum, Google Sycamore*, entre otras), no están libres de paradojas. Es decir, a pesar de que cuentan todavía con una capacidad limitada, su potencial amenaza la seguridad y privacidad, por lo que es necesario anticiparse a los requisitos de seguridad post-cuántica en términos de la privacidad individual, el sistema bancario y los registros médicos. A su vez, toma protagonismo la IA cuántica en el análisis de datos, especialmente en redes neuronales cuánticas (QNNs), que superan las capacidades de las computadoras clásicas. En este contexto, son de suma relevancia los algoritmos híbridos cuántico-clásicos y la criptografía post-cuántica (PQC), como clave para optimizar aplicaciones y asegurar la transición a la era cuántica, pero sin olvidar la ética y la colaboración para aprovechar plenamente las posibilidades de la convergencia de la IA y el CC.

Como colofón de esta sección, en el capítulo 7 se presenta la esperada convergencia plena de los tres elementos aludidos: la IA, la TB y el CC. En esta integración se aborda en los sistemas de seguridad avanzados y autónomos. Con ello, se contrastan la criptografía post-cuántica y cuántica, destacando cómo los AIA optimizan y gestionan estos sistemas. En concordancia, se enfatiza el papel crucial de los AIA en la gestión de tecnologías blockchain resistentes a las amenazas cuánticas. Esto a la par de protocolos de distribución de claves cuánticas (QKD) y su optimización mediante AIA en la gestión de la distribución y la autenticación de claves cuánticas dentro de los marcos de blockchain para garantizar la seguridad de la información en distintos umbrales de tiempo. Importante la recomendación que nos vierte el autor al considerar que *La discusión se extiende al desarrollo de tecnologías blockchain resistentes a la*

cuántica, como el Quantum Resistant Ledger (QRL) y Hyperledger, donde los agentes de IA juegan un papel clave en facilitar la transición a marcos criptográficos resistentes a la cuántica, asegurando la seguridad y eficiencia continuas de las redes blockchain (p.278).

Si bien hemos pasado por una narrativa técnica en los conceptos hasta ahora, el autor nos ha dado ejemplo de un buen balance para ofrecernos elementos cognitivos para el entendimiento de la relación de las tecnologías emergentes. Sin embargo, adicionalmente se aborda la sección de las implicaciones para la sociedad aunadas también a consideraciones éticas, en las cuales se cierra la obra con implicaciones que deben tomarse en cuenta para ámbitos legales y de política pública, pero fundamentalmente orientado hacia el reconocimiento cognitivo en la sociedad. Ante ello se aborda en el capítulo 8 *Ética y los agentes de IA*, en el capítulo 9 *Marcos legales y estándares globales que están moldeando el futuro desarrollo de los Agentes de IA*, y finalmente el capítulo 10 de *Impacto Social y el Auge de los Sistemas de IA Autónomos*.

Precisamente el capítulo 8 enfoca la creación de algoritmos para reducir sesgos y garantizar la equidad, enfatizando con ello encontrar un equilibrio entre poder y responsabilidad en la computación cuántica en términos de privacidad. Esto porque algoritmos de IA mal desarrollados pueden perpetuar sesgos sociales y generar resultados no deseables en el empleo, justicia y finanzas, entre otros sectores. Con ello, el autor sugiere una revisión de las prácticas criptográficas actuales y promueve el desarrollo de metodologías resistentes a la cuántica para la protección de la privacidad y la confianza pública. De ahí la importancia de la transparencia, la rendición de cuentas, políticas y regulaciones en la evolución ética de la IA y la computación cuántica. Esto en colaboración internacional para desarrollar estándares éticos en el uso de tecnologías cuánticas, así como la necesidad de directrices claras que consideren los impactos sociales.

Por otro lado, en el capítulo 9 se especifican aún más los detalles en cuanto a los marcos legales y los estándares en los que funcionan estas tecnologías, examinando las diferencias de las normativas entre la UE, EE. UU. y China. Ante ello, el autor destaca la importancia de estándares internacionales, como los de ISO e IEEE, para asegurar la interoperabilidad de tecnologías como blockchain. Esto ante la urgencia de desarrollar estándares de criptografía post-cuántica y la necesidad de marcos legales adaptables que evolucionen con los avances tecnológicos aunado a la dificultad de alcanzar un consenso global. Esto porque el desarrollo dispar de las tecnologías emergentes como la autonomía de la IA, la expansión de la TB y el potencial del CC podrían transformar sectores como finanzas, salud y ciberseguridad disruptivamente.

Finalmente, en el último capítulo, se examina el impacto social de los agentes de IA en tecnologías avanzadas, como vehículos autónomos y sistemas de salud, y el efecto en las industrias globales. Se subraya la necesidad de innovaciones éticas y responsables, promoviendo tecnologías alineadas con principios como la equidad, la transparencia y el respeto a la privacidad, resaltando la importancia de promover la diversidad e inclusión en el desarrollo de estas tecnologías, garantizando que beneficien a toda la sociedad. Por ende destaca la importancia de la educación continua, la colaboración interdisciplinaria y el compromiso con la investigación y el desarrollo (I+D) para mantenerse actualizado en la IA, la TB, el CC para generar una mejor sinergia y convergencia de los AIA.

Ante lo abordado, existen potenciales de integración identificables de las relaciones de estas tecnologías emergentes. En definitiva, para poder reconocer elementos concretos que nos ha vertido el autor y que nos permitan tamizar de forma objetivo las diferencias y semejanzas, se brinda el siguiente cuadro basado en la información que hemos recuperado en este documento:

Tabla 1. Potencial de integración de IA, blockchain, computación cuántica y agentes de IA

Potencial	Alta integración	Integración	Integración latente
Potencial de impacto	IA y blockchain: Integración para contratos inteligentes con aplicaciones en finanzas y salud (p.45), así como el uso de procesamiento de lenguaje natural (NLP) para automatizar procesos legales con documentos legales en lenguaje humano (p.99).	IA y blockchain: Uso de IA para optimizar el rendimiento y la escalabilidad de las redes blockchain, aplicaciones en la gestión de la cadena de suministro y logística (p.90).	IA y blockchain: con impacto en procesos críticos como contratos inteligentes para la gobernanza en ejecución de acuerdos y políticas de uso de la IA (p.26), así como implementaciones en sistemas de votación (p.47) y gestión de identidad digital (p.385).
	IA y computación cuántica: Desarrollo de algoritmos de IA mejorados con capacidad de cómputo cuántico para problemas complejos, como descubrimiento de fármacos (p.133) y análisis financiero (p.152).	IA y computación cuántica: Investigación en aprendizaje cuántico (p.217), aplicaciones en modelado molecular (p.216) y simulación de sistemas complejos (p.247).	IA y computación cuántica: Uso de la computación cuántica para mejorar algoritmos de IA en Investigación teórica (p.218) sin aplicaciones prácticas inmediatas.
	Agentes de IA: Desarrollo de agentes autónomos que gestionen y aseguren sistemas de blockchain y computación cuántica, implementando criptografía post-cuántica (p.223)	Agentes de IA: Uso de agentes para la optimización de tareas y procesos en diferentes industrias, gestión de datos en tiempo real en redes blockchain (p.345).	Agentes de IA: Implementación en sistemas de asistencia virtual con funcionalidades básicas, gestión de tareas con poco impacto en la seguridad y complejidad del sistema (p.39).

Fuente: Elaboración propia a partir de Radanliev (2025).

En suma, la obra además de ser extensa en lo táctico, en lo técnico, en lo científico y en socializar las tecnologías emergentes como son la IA, la TB y el CC, nos abre un infinito *cuántico* de posibilidades para los estudiosos del ámbito jurídico. Sobre todo porque regresamos al planteamiento inicial donde cognitivamente se reconoce a los AIA como sistemas autónomos diseñados para realizar tareas

complejas sin intervención humana directa, capaces de percibir su entorno, razonar basándose en la información que recopilan y tomar decisiones para alcanzar sus objetivos respectivos, pero con la necesidad de estar alineadas con principios como la equidad, la transparencia, el respeto a la privacidad, la diversidad e inclusión en el desarrollo y que garanticen el beneficio de la sociedad.