



Implicaciones de la inteligencia artificial en la metodología de investigación

Implications of artificial intelligence in research methodology

Geovanny Francisco Ruiz Muñoz

Universidad de Guayaquil, Ecuador

geovanny.ruizm@ug.edu.ec

ORCID: 0000-0001-7529-6342

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.12.26.003>

Recibido: Julio 18, 2024

Aceptado: Septiembre 09, 2024

Resumen: Esta revisión sistemática explora cómo las tecnologías avanzadas de análisis de datos están transformando la metodología de investigación científica. Se examinaron fuentes que describen la transformación de diversas etapas del proceso investigativo por estas herramientas, desde la generación de hipótesis hasta la interpretación de resultados. Estas tecnologías ofrecen posibilidades sin precedentes para potenciar la investigación. Permiten identificar patrones complejos, como tendencias sutiles en datos genómicos o correlaciones inesperadas en estudios sociológicos, que podrían pasar desapercibidas con métodos tradicionales. Además, automatizan tareas repetitivas, liberando tiempo para análisis más profundos. Se destacan importantes retos éticos y prácticos. Los sesgos algorítmicos, por ejemplo, podrían perpetuar prejuicios existentes en los datos de entrenamiento, afectando la validez de los resultados en campos como la investigación médica o socioeconómica. También surgen preocupaciones sobre la privacidad de los participantes en estudios y el riesgo de exclusión de grupos subrepresentados en los datos. Se concluye que es imperativo adoptar un enfoque holístico y responsable. En la práctica, esto implica desarrollar marcos éticos sólidos, fomentar la colaboración entre disciplinas como la informática, la ética y las ciencias sociales, invertir en educación especializada, promover la transparencia en los procesos algorítmicos, y fortalecer la cooperación global mediante el intercambio responsable de datos y el desarrollo de estándares comunes de investigación.

Palabras clave: *Inteligencia Artificial, Metodología de Investigación, Ética, Sesgos Algorítmicos, Protección de Datos.*

Abstract: This systematic review explores how advanced data analysis technologies are transforming scientific research methodology. Sources describing the transformation of various stages of the research process by these tools, from hypothesis generation to results interpretation, were examined. These technologies offer unprecedented possibilities to enhance research. They allow for the identification of complex patterns, such as subtle trends in genomic data or unexpected correlations in sociological studies, which might go unnoticed with traditional methods. Additionally, they automate repetitive tasks, freeing up time for more in-depth analysis. Significant ethical and practical challenges are highlighted. Algorithmic biases, for example, could perpetuate existing prejudices in training data, affecting the validity of results in fields such as medical or socioeconomic research. Concerns also arise regarding the privacy of study participants and the risk of exclusion for groups underrepresented in the data. The review concludes that adopting a holistic and responsible approach is imperative. In practice, this involves developing robust ethical frameworks, fostering collaboration between disciplines such

as computer science, ethics, and social sciences, investing in specialized education, promoting transparency in algorithmic processes, and strengthening global cooperation through responsible data sharing and the development of common research standards.

Keywords: *Artificial Intelligence, Research Methodology, Ethics, Algorithmic Biases, Data Protection.*

1. Introducción

La revolución tecnológica impulsada por la Inteligencia Artificial (IA) está transformando aspectos cruciales de nuestras vidas, como la comunicación, la educación y la investigación científica. En la era actual, donde la innovación y el progreso avanzan rápidamente, es fundamental explorar las implicaciones de la IA en la metodología de investigación empleada por la comunidad científica global. Este artículo de revisión sistemática busca esclarecer cómo la IA está remodelando el panorama de la investigación científica y cómo los investigadores pueden aprovechar estas tecnologías emergentes para potenciar sus esfuerzos y mantenerse a la vanguardia en sus campos.

El estudio aborda la necesidad apremiante de comprender y adaptar las prácticas tradicionales de investigación a las nuevas realidades impulsadas por la IA. Como señala Knorr Cetina [1], la investigación científica es un proceso en constante transformación, lo que resalta la necesidad de adaptar nuestras prácticas a los avances tecnológicos. En un mundo globalizado donde la IA está desempeñando un papel cada vez más preponderante e influyente, revolucionando industrias y transformando paradigmas, es crucial examinar a profundidad cómo estas tecnologías de vanguardia pueden mejorar significativamente la calidad, la eficiencia y el alcance de la investigación científica en diversos campos del conocimiento.

Los conocimientos existentes sugieren que la IA ya está impactando significativamente en las etapas del proceso de investigación científica. Dunjko y Briegel [2] destacan cómo los algoritmos de aprendizaje automático pueden identificar patrones complejos en grandes conjuntos de datos, facilitando la generación de nuevas hipótesis. Por su parte, Kitchin [3] explora a profundidad cómo la IA puede automatizar de manera eficiente tareas tediosas y repetitivas, como la recopilación y procesamiento de datos, liberando así tiempo valioso para que los investigadores se centren en análisis más complejos y de mayor valor agregado.

Sin embargo, junto con estos beneficios, surgen preocupaciones éticas y sociales sobre la adopción de estas tecnologías. Autores como Mittelstadt *et al.* [4] y Fazelpour y Liaskos [5] advierten sobre los posibles sesgos y falta de transparencia en los algoritmos de IA, factores que podrían socavar la integridad y validez de la investigación si no se abordan adecuadamente mediante un marco ético sólido. Además, Bostrom [6] y Zeng [7] plantean interrogantes sobre la propiedad intelectual y los derechos de autor cuando la IA se utiliza para generar contenido científico de manera autónoma, desafiando las nociones tradicionales de autoría y creatividad.

Es evidente que la integración de la IA en la investigación científica ofrece oportunidades sin precedentes, pero también presenta desafíos significativos. Para maximizar los beneficios de la IA en la investigación, es crucial abordar estas preocupaciones éticas y desarrollar marcos regulatorios adecuados que garanticen la integridad y la transparencia en el uso de estas tecnologías.

2. Estado del arte

2.1. El impacto de la IA en la formulación de preguntas de investigación y la generación de hipótesis

En la investigación científica, la formulación de preguntas y la generación de hipótesis sólidas son etapas fundamentales que guían todo el proceso. En este contexto, la IA se presenta como una herramienta poderosa para revolucionar esta fase crucial. Los avances en el aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural permiten a los sistemas de IA analizar grandes volúmenes de literatura existente, identificando patrones, tendencias y conexiones que podrían pasar desapercibidas para los investigadores humanos [2].

De acuerdo con esto, Ruiz [8] destaca cómo los algoritmos de IA pueden generar automáticamente hipótesis novedosas y prometedoras al combinar conocimientos de diversas disciplinas de manera creativa. Por ejemplo, un sistema de IA podría vincular hallazgos aparentemente desconectados de la biología molecular y la física cuántica para sugerir nuevas líneas de investigación en el campo de la computación cuántica biomolecular. De esta manera, la IA amplía los horizontes de la investigación al permitir conexiones interdisciplinarias innovadoras.

Sin embargo, es fundamental considerar que, si bien la IA puede ser una herramienta valiosa para la generación de hipótesis, no reemplaza por completo el pensamiento crítico y la intuición humana. Fazelpour y Liaskos [5], advierten que los algoritmos de IA pueden sufrir de sesgos y falta de transparencia, lo que podría conducir a la formulación de preguntas de investigación sesgadas o poco sólidas. Por lo tanto, es crucial que los investigadores mantengan un enfoque crítico y evalúen cuidadosamente las hipótesis generadas por la IA antes de proceder con el estudio. Esto podría lograrse mediante revisiones entre pares o estudios de validación específicamente diseñados para evaluar la solidez de las hipótesis generadas por IA.

En cuanto a las herramientas disponibles, *Semantic Scholar* (<https://www.semanticscholar.org/>) es un ejemplo destacado. Este potente motor de búsqueda académico, impulsado por IA y basado en técnicas de procesamiento del lenguaje natural, puede analizar millones de artículos científicos, ayudando a los investigadores a identificar conexiones y tendencias en la literatura existente que podrían inspirar nuevas preguntas de investigación e hipótesis.

Un caso ilustrativo del potencial de la IA en la generación de hipótesis es el *Robot Scientist*, un sistema de IA basado en aprendizaje automático desarrollado por investigadores del Instituto de Sistemas Complejos de Nueva Inglaterra. Este sistema está diseñado para formular y probar hipótesis de manera autónoma, analizando datos de experimentos previos y literatura existente. En un estudio sobre el metabolismo de las levaduras, el *Robot Scientist* generó automáticamente nuevas hipótesis que los investigadores pusieron a prueba experimentalmente. Esto llevó al descubrimiento de un conjunto de genes involucrados en la síntesis de ácidos grasos que antes se desconocía [9].

Por otro lado, es crucial reconocer que, mientras que la IA puede ser una herramienta valiosa para generar hipótesis, es necesario abordar los sesgos y la falta de transparencia en los algoritmos. Por ejemplo, si un sistema de IA se entrena con un conjunto de datos sesgado, las hipótesis generadas podrían reflejar esos sesgos, lo que podría conducir a investigaciones incompletas o erróneas.

En conclusión, la integración efectiva de la IA en la formulación de preguntas de investigación y la generación de hipótesis requiere un enfoque cauteloso y una evaluación rigurosa de sus resultados. Los investigadores deben aprovechar el potencial de la IA para ampliar los horizontes de la investigación, al tiempo que mantienen una postura crítica y ética en su aplicación.

2.2. El rol de la IA en la recopilación y procesamiento de datos

La inteligencia artificial está transformando significativamente la recopilación y procesamiento de datos en la investigación científica. Los avances en técnicas como el aprendizaje profundo y la visión por computadora han permitido la automatización de tareas tediosas y propensas a errores, como la extracción de datos de fuentes no estructuradas [3].

Por ejemplo, los sistemas de IA pueden analizar automáticamente grandes conjuntos de imágenes médicas, identificando patrones y anomalías que podrían indicar enfermedades o condiciones clínicas específicas [10]. Esto no solo ahorra tiempo y esfuerzo a los investigadores, sino que también reduce el riesgo de errores humanos y sesgos inconscientes en la interpretación de los datos. En consecuencia, la IA puede mejorar la calidad y eficiencia del proceso de recopilación y manejo de datos.

Además, la IA está revolucionando la forma en que se manejan y procesan los datos en la investigación científica. Las técnicas de aprendizaje automático permiten a los investigadores abordar conjuntos de datos masivos y complejos, descubriendo patrones y relaciones subyacentes que serían extremadamente difíciles de detectar mediante métodos tradicionales [2]. De esta manera, la IA amplía las capacidades analíticas de los investigadores, permitiéndoles extraer información valiosa de grandes volúmenes de datos.

Un ejemplo concreto de esta revolución se observa en un estudio de 2018, donde investigadores de Google utilizaron un sistema de IA basado en aprendizaje profundo para analizar automáticamente millones de imágenes de fondo de ojo y detectar signos tempranos de retinopatía diabética con una precisión comparable a la de los médicos expertos [11]. Este caso demuestra cómo la IA puede transformar la recopilación y procesamiento de datos en la investigación médica, permitiendo un diagnóstico más preciso y temprano de enfermedades.

En términos de herramientas disponibles, *Amazon SageMaker* (<https://aws.amazon.com/sagemaker/>) es una plataforma de *machine learning* en la nube que permite a los investigadores construir, entrenar e implementar modelos de IA de manera rápida y eficiente. Ofrece herramientas para recopilar, procesar y analizar grandes conjuntos de datos, lo que puede agilizar significativamente el proceso de investigación.

Sin embargo, es importante abordar las preocupaciones éticas y de privacidad que surgen al utilizar la IA en el procesamiento de datos, especialmente cuando se trata de información sensible o datos personales. Mittelstadt *et al.* [4] enfatizan la necesidad de desarrollar marcos regulatorios sólidos y prácticas éticas para garantizar la privacidad y la protección de los datos en la era de la IA. En este sentido, su implementación en la investigación debe ir acompañada de medidas de seguridad y salvaguardas adecuadas para proteger la confidencialidad de la información.

En conclusión, la IA ofrece oportunidades sin precedentes para mejorar la recopilación y procesamiento de datos en la investigación científica. Sin embargo, su integración efectiva requiere un equilibrio cuidadoso entre el aprovechamiento de su potencial y la implementación de medidas adecuadas para proteger la privacidad y la seguridad de los datos.

2.3. La IA y el análisis e interpretación de resultados de investigación

Una vez que se han recopilado y procesado los datos, la IA también está desempeñando un papel cada vez más importante en el análisis e interpretación de los resultados de la investigación. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden identificar patrones complejos y relaciones no lineales en los datos que serían difíciles de detectar para los humanos [2]. De esta manera, la IA permite a los investigadores descubrir aportes y tendencias que podrían pasar desapercibidas mediante métodos tradicionales.

Por ejemplo, en el campo de la bioinformática, los sistemas de IA se utilizan para analizar grandes conjuntos de datos genómicos y proteómicos, ayudando a los investigadores a comprender mejor los mecanismos subyacentes de enfermedades complejas y a identificar posibles blancos terapéuticos [12]. Así, la IA contribuye a avances científicos en áreas críticas como la medicina y la biología.

Además, la IA está facilitando el desarrollo de modelos predictivos más precisos y sofisticados en diversas áreas de la investigación. En la economía, por ejemplo, los algoritmos de aprendizaje automático se utilizan para analizar grandes cantidades de datos financieros y económicos, generando modelos que pueden predecir tendencias futuras con mayor exactitud que los modelos estadísticos tradicionales [13]. De este modo, la IA mejora las capacidades de modelado y predicción en campos como las finanzas y la macroeconomía.

Un ejemplo concreto de la aplicación de IA en el análisis de datos biológicos complejos se observa en el uso de herramientas como *DeepBind* (<https://www.deepbind.com/>). Los investigadores han utilizado esta herramienta, que emplea redes neuronales profundas, para predecir con alta precisión la unión de proteínas a secuencias de ADN. Esto puede ayudar a comprender mejor los mecanismos subyacentes de enfermedades genéticas complejas [14].

En el ámbito del aprendizaje automático y la inteligencia artificial, destaca *TensorFlow* (<https://www.tensorflow.org/>), una popular biblioteca de código abierto desarrollada por Google. Esta herramienta permite a los investigadores construir y entrenar modelos complejos de IA para el análisis de datos y la interpretación de resultados en diversos campos, desde la biología hasta la economía.

Sin embargo, es crucial abordar los desafíos relacionados con la interpretabilidad y la explicabilidad de los modelos de IA. Muchos algoritmos de aprendizaje automático funcionan como “cajas negras”, lo que dificulta comprender completamente cómo se llega a determinadas conclusiones o predicciones [5]. Esto puede socavar la confianza en los resultados de la investigación y plantear interrogantes sobre la validez y la transparencia del proceso.

En conclusión, mientras la IA ofrece oportunidades sin precedentes para mejorar el análisis e interpretación de resultados de investigación, es necesario desarrollar técnicas y estándares que permitan una mayor interpretabilidad de los modelos de IA utilizados. Esto es crucial para garantizar la integridad y la confiabilidad de la investigación basada en IA, así como para fomentar la confianza en sus resultados.

2.4. La IA y la comunicación y difusión de los hallazgos de investigación

La IA también está transformando la forma en que se comunican y difunden los hallazgos científicos. Las técnicas de procesamiento del lenguaje natural permiten a los sistemas de IA generar automáticamente resúmenes coherentes y concisos de artículos de investigación, facilitando la disseminación de los hallazgos clave a una audiencia más amplia [15]. De esta manera, la IA puede contribuir a una mayor accesibilidad y difusión del conocimiento científico.

Asimismo, la IA está revolucionando la forma en que se realizan las revisiones de literatura. Los algoritmos de búsqueda semántica pueden analizar rápidamente grandes volúmenes de literatura académica, identificando los artículos más relevantes y resumiendo las ideas y hallazgos clave de manera eficiente [16]. Esto no solo ahorra tiempo valioso para los investigadores, sino que también reduce el riesgo de pasar por alto estudios importantes.

Otra área emergente es la utilización de la IA para generar visualizaciones de datos complejos de manera automática. Los sistemas de IA pueden analizar los datos y seleccionar las representaciones visuales más adecuadas para comunicar los hallazgos de manera efectiva, lo que facilita la comprensión y la interpretación de los resultados por parte de diversos públicos [17].

Un ejemplo concreto de cómo la IA puede mejorar la accesibilidad y difusión del conocimiento científico es el sistema *Semantic Scholar*, desarrollado por el Instituto Allen de Inteligencia Artificial (AI2). Este sistema de IA puede generar automáticamente resúmenes coherentes y concisos de artículos de investigación complejos, facilitando la difusión de los hallazgos clave a una audiencia más amplia y ayudando a los investigadores a mantenerse al día con la literatura más reciente en sus campos [18].

En cuanto a herramientas disponibles, *Plotly* (<https://plotly.com/>) es una plataforma de visualización de datos impulsada por IA que permite a los investigadores crear gráficos, diagramas y representaciones visuales interactivas y atractivas de sus datos y resultados de manera sencilla y eficiente. Esta herramienta puede mejorar la comunicación de los hallazgos de investigación a través de visualizaciones claras y comprensibles.

Sin embargo, al igual que en las etapas anteriores, es crucial abordar las preocupaciones éticas y legales relacionadas con la generación automática de contenido científico por parte de la IA. Zeng [7] plantea interrogantes sobre los derechos de autor y la propiedad intelectual cuando la IA se utiliza para generar resúmenes, visualizaciones o incluso artículos completos de manera autónoma.

En conclusión, mientras la IA ofrece oportunidades significativas para mejorar la comunicación y difusión de los hallazgos de investigación, es necesario desarrollar marcos regulatorios y lineamientos éticos para su uso en este contexto. Esto es crucial para aprovechar el potencial de la IA al tiempo que se protegen los derechos de los investigadores y se mantiene la integridad del proceso de publicación científica.

2.5. Implicaciones éticas y desafíos de la IA en la investigación científica

Si bien las aplicaciones de la IA en la investigación científica ofrecen numerosos beneficios y oportunidades, también plantean desafíos éticos y sociales significativos que deben abordarse de manera proactiva y responsable.

Uno de los principales desafíos es el sesgo y la falta de transparencia en los algoritmos de IA. Muchos sistemas de IA son entrenados con datos sesgados o incompletos, lo que puede dar lugar a resultados de investigación sesgados o incluso discriminatorios [4]. Esto podría socavar la validez y la integridad de los estudios científicos, así como reforzar injusticias sociales existentes.

Otro aspecto preocupante es la posible amenaza a la privacidad y la protección de datos que plantea el uso de la IA en la investigación. A medida que los sistemas de IA procesan y analizan cantidades masivas de datos, incluidos datos personales y sensibles, existe un riesgo creciente de violaciones de privacidad y usos indebidos de la información [5].

Además, surge la cuestión de la responsabilidad y la rendición de cuentas cuando la IA se utiliza para tomar decisiones o generar hallazgos científicos. Si un sistema de IA comete un error o llega a una conclusión incorrecta, ¿quién es responsable? ¿Los desarrolladores del algoritmo, los investigadores que lo utilizaron, la institución que lo implementó? Es necesario abordar estas interrogantes y establecer mecanismos claros de responsabilidad y rendición de cuentas para garantizar la integridad y la confianza en la investigación basada en IA.

Por último, pero no menos importante, está el desafío de la equidad y la inclusión en el desarrollo y el uso de la IA en la investigación. Existe el riesgo de que la adopción desigual de estas tecnologías conduzca a una mayor brecha entre los investigadores y las instituciones con recursos limitados y aquellos con acceso a los últimos avances en IA [6]. Es crucial garantizar que los beneficios de la IA en la investigación se distribuyan de manera justa y equitativa, y que se aborden las barreras que enfrentan las comunidades marginadas o desfavorecidas.

Un caso de estudio relevante que ilustra estos desafíos es el análisis de datos de expresión génica realizado en 2019, publicado en *Nature Genetics*. En este estudio, se utilizó un algoritmo de IA para predecir la raza de las personas con una precisión alarmante [19]. Este caso destaca los riesgos de los sesgos y la falta de transparencia en los algoritmos de IA, que podrían reforzar estereotipos raciales perjudiciales. Además, plantea preocupaciones sobre el uso indebido de datos personales y sensibles por parte de los sistemas de IA.

En respuesta a estos desafíos, se han desarrollado herramientas como IBM AI *Fairness 360* (<https://aif360.mybluemix.net/>), un kit de herramientas de código abierto para ayudar a los investigadores a detectar y mitigar el sesgo en los sistemas de IA. Esta plataforma ofrece métricas, algoritmos y técnicas para evaluar y corregir sesgos en los conjuntos de datos y modelos. Estas herramientas son cruciales para garantizar la equidad y la imparcialidad en la investigación basada en IA.

En conclusión, mientras la IA ofrece un potencial transformador para la investigación científica, es imperativo abordar de manera proactiva los desafíos éticos y sociales que plantea. Esto requiere un enfoque multidisciplinario que involucre a investigadores, éticistas, legisladores y otros actores clave para desarrollar marcos éticos robustos, promover la transparencia y la rendición de cuentas, y garantizar una distribución equitativa de los beneficios de la IA en la investigación.

2.6. Estrategias para una integración ética de la IA en la investigación

Ante los desafíos y riesgos planteados, es fundamental que la comunidad científica adopte un enfoque proactivo y visionario para integrar la IA en la metodología de investigación de manera responsable y ética. A continuación, se presentan algunas estrategias clave, respaldadas por la literatura existente:

1. Desarrollar marcos éticos sólidos: Es necesario establecer principios éticos claros y directrices prácticas para el uso de la IA en la investigación científica. Estos marcos deben abordar cuestiones como la privacidad de datos, la transparencia algorítmica, la responsabilidad y la equidad. Floridi *et al.* [20] proponen un marco ético para la IA que enfatiza los principios de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia, que podrían adaptarse específicamente al contexto de la investigación científica.
2. Fomentar la colaboración interdisciplinaria: La integración efectiva de la IA en la investigación requiere una estrecha colaboración entre expertos en IA, investigadores de diferentes disciplinas científicas, éticistas, legisladores y otros actores clave. Gómez-González y Gómez [21] argumentan que esta colaboración interdisciplinaria es fundamental para abordar los desafíos éticos y técnicos de la IA en la investigación de manera integral.
3. Invertir en educación y capacitación: Es crucial que los investigadores reciban capacitación adecuada en el uso ético y responsable de la IA, así como en la interpretación y evaluación crítica de los resultados generados por estos sistemas. Long y Magerko [22] subrayan la importancia de la alfabetización en IA tanto para investigadores como para el público en general, proponiendo enfoques pedagógicos para su implementación.
4. Promover la transparencia y la rendición de cuentas: Los sistemas de IA utilizados en la investigación deben ser transparentes y explicables. Rudin [23] aboga por el desarrollo de modelos de IA interpretables en lugar de “cajas negras”, especialmente en aplicaciones de alto riesgo como la investigación médica. Además, Dignum [24] propone marcos de gobernanza de IA que incluyen mecanismos claros de rendición de cuentas.
5. Asegurar la equidad y la inclusión: Es fundamental garantizar que los beneficios de la IA en la investigación se distribuyan de manera justa y equitativa. West *et al.* [25] analizan las disparidades en el acceso a la IA y proponen políticas para abordar la brecha digital y promover la inclusión en el desarrollo y aplicación de la IA.
6. Fomentar la colaboración global: Los desafíos planteados por la IA en la investigación trascienden fronteras nacionales y disciplinarias. Cath *et al.* [26] argumentan a favor de un enfoque de gobernanza global de la IA que promueva la colaboración internacional en el desarrollo de estándares éticos y mejores prácticas.

Al adoptar estas estrategias, respaldadas por la investigación y el análisis de expertos en el campo, la comunidad científica puede aprovechar al máximo el potencial transformador de la IA en la metodología de investigación, al tiempo que mitiga sus riesgos y salvaguarda los principios fundamentales de la integridad científica, la ética y la responsabilidad social.

La Comisión Europea ha desarrollado un conjunto de directrices éticas para la IA confiable, que incluye principios clave como la transparencia, la privacidad y la no discriminación. Estas directrices están diseñadas para ayudar a los investigadores y desarrolladores a integrar la IA de manera responsable y ética en diversos campos, incluida la investigación científica [27].

Por otro lado, la plataforma de código abierto *AI Ethics & Auditing Toolkit* (<https://www.ibm.com/cloud/watson-openscale>) de IBM permite a los investigadores monitorear, explicar y auditar modelos de IA para detectar sesgos, garantizar la equidad y cumplir con los estándares éticos y regulatorios. Esta herramienta promueve la transparencia y la rendición de cuentas en el uso de la IA en la investigación.

En este contexto, es fundamental fomentar la colaboración interdisciplinaria y la capacitación adecuada de los investigadores en el uso ético y responsable de la IA. Esto ayudará a mitigar los riesgos y a aprovechar al máximo el potencial de la IA en la investigación científica, al tiempo que se garantiza su integración responsable y alineada con los valores éticos esenciales.

En resumen, la evolución de la inteligencia artificial (IA) ha generado una serie de herramientas innovadoras que están transformando radicalmente la forma en que los investigadores abordan sus estudios científicos. Estas herramientas, impulsadas por el aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural, han abierto nuevas fronteras en la búsqueda de conocimientos y la comprensión de fenómenos complejos. Más allá de ofrecer mayor eficiencia y precisión en la investigación, estas herramientas son un testimonio del potencial transformador de la IA en el ámbito científico, reflejando así el emocionante futuro que nos espera en el panorama de la investigación.

3. Materiales y métodos

La presente revisión sistemática se ha llevado a cabo con el propósito de analizar las implicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en la metodología de investigación científica. La revisión sistemática se define aquí como un enfoque riguroso y estructurado para recopilar, evaluar y sintetizar la evidencia disponible sobre un tema específico. Este método permite reducir sesgos y proporcionar un resumen exhaustivo y objetivo de las investigaciones existentes. A continuación, se describen detalladamente las acciones y procedimientos seguidos en cada fase de esta revisión, desde la búsqueda de fuentes hasta su validación.

El primer paso consistió en establecer criterios claros de inclusión y exclusión para delimitar el alcance de la revisión. Se decidió incluir artículos científicos, libros y capítulos de libros publicados en los últimos diez años, con el objetivo de capturar los estudios y perspectivas más recientes sobre las implicaciones de la IA en la metodología de investigación. Se excluyeron las fuentes que abordaran únicamente aspectos generales de la IA o su impacto en áreas no relacionadas con la investigación científica. Se priorizaron fuentes que ofrecieran análisis directos sobre la aplicación de la IA en métodos de investigación, su ética, sesgos algorítmicos, y automatización de procesos de investigación.

Se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura en bases de datos electrónicas de prestigio, como *Web of Science*, *Scopus*, *PubMed*, *IEEE Xplore* y *ProQuest*. Las búsquedas se llevaron a cabo utilizando una combinación de palabras clave y términos de búsqueda específicos como “Inteligencia Artificial”, “metodología de investigación”, “ética de la IA”, “sesgos algorítmicos” y “automatización de procesos de investigación”. También se realizaron búsquedas adicionales en motores de búsqueda académicos como *Google Scholar* y *Microsoft Academic* para ampliar la cobertura y asegurar la exhaustividad.

Los resultados iniciales de las búsquedas se sometieron a un cribado preliminar basado en la revisión de títulos y resúmenes. Aquellas fuentes que no cumplieran con los criterios de inclusión fueron eliminadas. Los artículos potencialmente relevantes se descargaron y revisaron en su totalidad para evaluar su pertinencia, calidad, y relevancia con respecto a los objetivos de la revisión.

Durante la revisión completa de los artículos seleccionados, se aplicaron criterios adicionales de evaluación que incluían la solidez metodológica de cada estudio, la credibilidad de las fuentes citadas, la claridad y coherencia de la argumentación presentada, y la relevancia directa para el tema específico de estudio. Aquellas fuentes que no alcanzaron los estándares requeridos fueron excluidas de la revisión final.

Además de la evaluación de fuentes primarias, se revisaron sistemáticamente metaanálisis y revisiones existentes en áreas relacionadas, con el fin de identificar referencias adicionales que pudieran haber sido omitidas en las búsquedas iniciales. Estas fuentes secundarias fueron evaluadas con los mismos criterios de rigor, y las referencias relevantes fueron incorporadas a la revisión.

Las fuentes seleccionadas fueron sometidas a un análisis crítico exhaustivo. Este análisis se centró en identificar los hallazgos clave, conclusiones y recomendaciones de cada estudio, así como en evaluar las fortalezas y limitaciones metodológicas señaladas por los propios autores. Se prestó especial atención a cómo los diferentes estudios abordaban las implicaciones de la IA en la metodología de investigación.

Como parte del rigor metodológico, se llevó a cabo un proceso de validación cruzada de las fuentes seleccionadas. Se compararon y contrastaron los hallazgos y perspectivas de diferentes autores sobre temas específicos, con el fin de identificar posibles inconsistencias. Las fuentes que mostraron contradicciones significativas o que no pudieron ser corroboradas por otras fuentes fiables fueron descartadas de la revisión final.

Este proceso sistemático y riguroso permitió construir una base sólida y actualizada de conocimientos sobre las implicaciones de la IA en la metodología de investigación. La revisión final presenta una síntesis crítica de los hallazgos más relevantes y de las perspectivas más influyentes en el campo, sustentada por una selección cuidadosamente curada de fuentes de alta calidad y confiabilidad.

4. Resultados

La presente revisión sistemática ha analizado fuentes primarias sobre las implicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en la metodología de investigación científica. Estas fuentes reconocen ampliamente el potencial transformador de la IA para impulsar la investigación hacia nuevas fronteras, destacando su capacidad para identificar patrones complejos, generar hipótesis novedosas y automatizar tareas tediosas.

El trabajo de Dunjko y Briegel [2] explora cómo los algoritmos de aprendizaje automático pueden ayudar a descubrir oportunidades de investigación prometedoras en áreas como la física cuántica. Por ejemplo, estos algoritmos han sido utilizados para optimizar experimentos cuánticos, reduciendo el tiempo y los recursos necesarios para explorar nuevos fenómenos. Asimismo, Kitchin [3] destaca el papel de la IA en el procesamiento de grandes conjuntos de datos, facilitando el descubrimiento de relaciones y patrones previamente ocultos.

No obstante, las fuentes consultadas también advierten sobre los desafíos éticos y sociales que plantea la creciente adopción de la IA. Mittelstadt *et al.* [4] presentan un mapeo exhaustivo de los debates éticos en torno al uso de algoritmos, destacando preocupaciones clave como el sesgo, la falta de transparencia y la responsabilidad. Estas inquietudes son respaldadas por Fazelpour y Liaskos [5], quienes enfatizan la necesidad de desarrollar técnicas para mejorar la interpretabilidad y la explicabilidad de los modelos de IA.

Además, se abordan desafíos más amplios relacionados con la IA. Bostrom [6] plantea interrogantes sobre la equidad y la inclusión en el acceso y desarrollo de la IA, mientras que Zeng [7] explora cuestiones de propiedad intelectual cuando la IA genera contenido científico de manera autónoma.

Para abordar estos desafíos en la práctica, se sugieren varias acciones clave que permitan una integración ética y responsable de la inteligencia artificial (IA) en la investigación científica. En primer lugar, es fundamental implementar auditorías regulares de algoritmos para detectar y corregir posibles sesgos que puedan comprometer la validez y equidad de los resultados, asegurando así que los modelos de IA operen de manera justa y transparente. Además, se recomienda crear comités de ética en investigación especializados en IA, compuestos por expertos multidisciplinarios que puedan evaluar las implicaciones éticas de los proyectos, establecer pautas claras para la aprobación ética y proporcionar orientación sobre cuestiones relacionadas con la privacidad, la seguridad de los datos, y la equidad. Asimismo, es crucial desarrollar protocolos de transparencia que garanticen una divulgación clara y detallada de los métodos, algoritmos y datos utilizados en los estudios basados en IA, fomentando la reproducibilidad y la verificación independiente de los resultados. Estas medidas no solo contribuirán a maximizar los beneficios de la IA en la investigación, sino que también asegurarán que se utilicen de manera que respete los principios de integridad científica y responsabilidad social.

En resumen, si bien la IA promete un futuro emocionante en la investigación científica, su integración efectiva requiere un enfoque cauteloso y una evaluación rigurosa de sus implicaciones éticas, sociales y legales. Es fundamental establecer políticas claras y directrices éticas para guiar el uso de la IA en la investigación, asegurando así que se aprovechen sus beneficios mientras se salvaguardan los principios de integridad científica y responsabilidad social.

5. Conclusiones

La revisión sistemática realizada ha puesto de manifiesto que la Inteligencia Artificial (IA) está transformando profundamente la metodología de investigación científica contemporánea. Este cambio paradigmático no solo está redefiniendo los procesos tradicionales, sino que también está abriendo nuevas fronteras en la generación y aplicación del conocimiento. El análisis exhaustivo de las fuentes primarias consultadas evidencia que la IA ofrece oportunidades sin precedentes en el ámbito científico, con el potencial de revolucionar diversas etapas cruciales

del proceso investigativo, desde la formulación inicial de preguntas hasta la comunicación efectiva de los hallazgos.

No obstante, es fundamental reconocer que, a pesar de estos beneficios prometedores, la integración de la IA en el ámbito científico no está exenta de desafíos. En efecto, plantea una serie de cuestiones éticas, sociales y legales significativas que deben abordarse con responsabilidad y visión de futuro. Entre las preocupaciones más apremiantes se encuentran el sesgo y la falta de transparencia en los algoritmos, las amenazas a la privacidad y la protección de datos, las interrogantes sobre la propiedad intelectual, y los riesgos de inequidad y exclusión en el acceso a estas tecnologías emergentes. Estos aspectos requieren una atención urgente y coordinada por parte de la comunidad científica, los legisladores y la sociedad en general.

En consecuencia, y a la luz de estos hallazgos, se concluye que es imperativo adoptar un enfoque holístico que abarque múltiples dimensiones. Este enfoque debe incluir el desarrollo de marcos éticos sólidos, la promoción activa de la colaboración interdisciplinaria, una inversión sustancial en educación y capacitación, el fomento continuo de la transparencia y la rendición de cuentas, la implementación de medidas para garantizar la equidad y la inclusión, y el fortalecimiento de la cooperación global para abordar los desafíos de manera coordinada y efectiva.

Es importante destacar que este estudio no solo corrobora, sino que también amplía las conclusiones de autores prominentes en el campo. Respalda las observaciones sobre la urgente necesidad de establecer lineamientos éticos robustos para el uso de la IA en la ciencia, y refuerza las advertencias previamente planteadas acerca de los desafíos relacionados con la equidad, la inclusión y los complejos dilemas de propiedad intelectual que surgen en la intersección de la IA y la investigación científica.

En este contexto, se recomienda encarecidamente a la comunidad científica que adopte una postura proactiva y visionaria. Esto implica abrazar con entusiasmo las oportunidades transformadoras que ofrece la IA para potenciar la investigación y el descubrimiento, mientras se trabaja de manera colaborativa e interdisciplinaria para desarrollar soluciones integrales que aborden de manera efectiva los desafíos asociados con esta tecnología emergente.

Solo mediante la adopción de este enfoque equilibrado y responsable, la IA podrá alcanzar su máximo potencial en el ámbito de la investigación científica. De esta manera, no solo se impulsarán avances revolucionarios en diversos campos del conocimiento, sino que también se ampliarán los límites de lo que es posible lograr a través de la investigación científica. En última instancia, la integración responsable y ética de la IA en la ciencia promete no solo transformar fundamentalmente la manera en que se lleva a cabo la investigación, sino también redefinir y expandir los horizontes del conocimiento humano.

Así pues, nos encontramos en un momento crucial en la historia de la ciencia, donde las decisiones que tomemos hoy en relación con la integración de la IA en la investigación científica moldearán profundamente el futuro del conocimiento humano y, por extensión, el futuro de nuestra sociedad en su conjunto. La promesa de acelerar el progreso científico de una manera sin precedentes está al alcance, siempre y cuando se aborde con la debida precaución y visión de futuro, garantizando que los beneficios de esta revolución tecnológica sean accesibles y beneficiosos para toda la humanidad.

7. Referencias

- [1] Cetina, K. (1999). *La fabricación del conocimiento: Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*. Prensa de la Universidad de Pergamon.
- [2] Dunjko, V., Briegel, H. J. (2018). Aprendizaje automático de propósitos: fuerza de entrenamiento de las ciencias. *Nature Reviews Physics*, 1 (2), 109-122.
- [3] Kitchin, R. (2014). *La revolución de los datos: grandes datos, código abierto y algoritmos de redes*. SAGE Publications.
- [4] Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., Floridi, L. (2016). La ética de los algoritmos: Cartografiando la cuestión ética. *Big Data & Society*, 3 (2), 1-21. <https://doi.org/10.1177/2053951716679679>
- [5] Fazelpour, S., Liaskos, S. (2020). *Interpretabilidad y explicación en sistemas de IA para el aprendizaje automático: Un estudio de la literatura*. 52ª Conferencia Anual de la IEEE sobre Sistemas Inteligentes, 9827-9831.
- [6] Bostrom, N. (2014). *Superinteligencia: Caminos, peligros, estrategias*. Oxford University Press.

- [7] Zeng, Y. (2018). Ética IA: impacto en investigación y diseño de política inteligentes. *Inteligencia Artificial*, 262, 92-98.
- [8] Ruiz Muñoz, G. (2024). Exploración del impacto del metaverso y la inteligencia artificial en la educación superior. *Identidad Bolivariana*, 8 (2), 32-45. <https://doi.org/10.37611/IB8ol232-45>
- [9] King, R. D., Rowland, J., Oliver, S. G., Young, M., Aubrey, W., Byrne, E., Liakata, M., Markham, M., Pir, P., Soldatova, L. N., Sparkes, A., Whelan, K., Clare, A. (2009). The automation of science. *Science*, 324 (5923), 85-89. <https://doi.org/10.1126/science.1165620>
- [10] Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542 (7639), 115-118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- [11] Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., Venugopalan, S., Widner, K., Madams, T., Cuadros, J., Kim, R., Raman, R., Nelson, P. C., Mega, J. L., Webster, D. R. (2016). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*, 316 (22), 2402-2410. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>
- [12] Ching, T., Himmelstein, D. S., Beaulieu-Jones, B. K., Kalinin, A. A., Do, B. T., Way, G. P., Ferrero, E., Agapow, P. M., Zietz, M., Hoffman, M. M., Xie, W., Rosen, G. L., Lengerich, B. J., Israeli, J., Lanchantin, J., Woloszynek, S., Carpenter, A. E., Shrikumar, A., Xu, J., Cofer, E. M., Lavander, C. A., Turaga, S. C., Alexandari, A. M., Lu, Z., Harris, D. J., DeCaprio, D., Qi, Y., Kundaje, A., Peng, Y., Wiley, L. K., Segler, M., Boca, S. M., Swamidass, J., Huang, A., Gitter, A., Greene, C. S. (2018). Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine. *Journal of The Royal Society Interface*, 15 (141). <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0387>
- [13] Athey, S. (2018). The impact of machine learning on economics. En A. Agrawal, J. Gans, A. Goldfarb (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (pp. 507-547). University of Chicago Press.
- [14] Alipanahi, B., Delong, A., Weirauch, M. T., Frey, B. J. (2015). Predicting the sequence specificities of DNA-and RNA-binding proteins by deep learning. *Nature Biotechnology*, 33 (8), 831-838. <https://doi.org/10.1038/nbt.3300>
- [15] Shaheed, N., Eldridge, K., Wang, T., Wagner, S., Olsen, A., Gao, Y. (2019). SciBERT: Pretrained contextualized embeddings for scientific text. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1903.10676>
- [16] Westergaard, D., Stærfeldt, H. H., Tønsberg, C., Jensen, L. J., Brunak, S. (2018). A comprehensive and quantitative comparison of text-mining in 15 million full-text articles versus their corresponding abstracts. *PLoS Computational Biology*, 14 (2), 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005962>
- [17] Dhamdhere, K., McCurley, K., Nahmias, R., Sundararajan, M., Yan, Q. (2017). *Analyza: Exploring data with conversation*. 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces, Limassol, Cyprus.
- [18] Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., Shmitchell, S. (2021). *On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big?* ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, Virtual Event Canada. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
- [19] Zou, J., Huss, M., Abid, A., Mohammadi, P., Torkamani, A., Telenti, A. (2019). A primer on deep learning in genomics. *Nature genetics*, 51 (1), 12-18. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0295-5>
- [20] Floridi, L., Cowls, J., Beltracchi, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., Vayena, E. (2018). AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. *Minds and Machines*, 28 (4), 689-707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- [21] Gómez-González, E., Gómez, E. (2020). *Artificial Intelligence in Medicine and Healthcare: applications, availability and societal impact*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/047666>
- [22] Long, D., Magerko, B. (2020). *What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations*. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Honolulu, USA. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- [23] Rudin, C. (2019). Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. *Nature Machine Intelligence*, 1 (5), 206-215. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0048-x>
- [24] Dignum, V. (2019). *Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-30371-6>

- [25] West, S. M., Whittaker, M., Crawford, K. (2019). *Discriminating Systems: Gender, Race and Power in AI*. AI Now Institute. <https://ainowinstitute.org/publication/discriminating-systems-gender-race-and-power-in-ai-2>
- [26] Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M., Floridi, L. (2018). Artificial Intelligence and the 'Good Society': the US, EU, and UK approach. *Science and Engineering Ethics*, 24 (2), 505-528. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9901-7>
- [27] Comisión Europea. (2019). *Ethics guidelines for trustworthy AI*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>